



Universidade do Minho

Isabel Margarida Homem de Gouveia
Mendes

Manual de Práticas de Projecto Sustentável

Dissertação

Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Ricardo Mateus

E sob a co-orientação do
Professor Doutor Luís Bragança

Outubro de 2011

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que tornaram possível a concretização deste trabalho, expresso aqui os meus
mais sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Ricardo Mateus e ao Professor Doutor Luís Bragança, pelo grande
privilegio de ter tido a vossa enriquecedora orientação científica e pelo voto de confiança.

Aos meus professores do curso de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, pelos
conhecimentos transmitidos e dedicação na sua tarefa de formar mestres.

Ao CITMA, manifesto apreço pela possibilidade de realização do presente trabalho e por todos
os meios colocados à disposição.

A Deus por me guiar pelo melhor caminho.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo incondicional.

Ao Zeca agradeço todo o amor, e a inesgotável paciência e compreensão.

Aos meus Pais, por tudo!

RESUMO

A presente dissertação consiste no desenvolvimento de um manual que possa ser utilizado pelas equipas de projecto, desde as fases mais preliminares do mesmo, tendo por objectivo o desenvolvimento de edifícios sustentáveis.

Apesar da indústria da construção constituir um dos sectores económicos mais importantes na Europa, continua contudo a utilizar métodos de construção tradicionais e mão-de-obra não qualificada, caracterizando-se pelo consumo excessivo de matérias-primas, de recursos energéticos não renováveis e pela excessiva produção de resíduos.

Para se manter competitiva, continuar a expandir-se e gerar lucros no futuro, a indústria da construção civil deverá enfrentar as consequências ambientais e económicas das suas acções, assumindo novos comportamentos.

É urgente uma mudança neste sector. A redução de custos e de impactes sócio-ambientais pensada nas fases de concepção e projecto, mas centrada apenas na fase de construção é insuficiente para que o sector da construção e as edificações se tornem mais sustentáveis. É necessário que o planeamento dos empreendimentos e dos projectos de construção contemplem todos os possíveis impactes envolvidos durante todo o ciclo de vida das edificações e se procurem formas de minimizá-los em todas as suas fases.

Assim, o principal desafio passa pela adopção de hábitos de construção sustentável que levarão a uma mudança neste sector, através da incorporação da sustentabilidade nas suas práticas, nos seus produtos, normas e regulamentos. Dado que os profissionais desta área, por vezes, não têm os recursos necessários para reunir informações sobre a prática de construção sustentável, o desenvolvimento deste “Manual de Práticas de Projecto Sustentável” virá colmatar esse vazio na informação.

O desenvolvimento deste manual está profundamente ligado ao conceito de construção sustentável, e consistirá numa abordagem a vários níveis: projecto, construção, utilização e manutenção de um empreendimento, tendo em atenção factores como a economia, eficiência dos recursos, o ciclo de vida do empreendimento e o bem-estar do utilizador.

Palavras-Chave: Manual, Projecto, Construção, Edifícios, Sustentabilidade.

ABSTRACT

This dissertation explains the development of a manual that can be used by project teams, since the preliminary stages, aiming the development of sustainable buildings.

Although the construction industry is one of the most important economic sectors in Europe, it continues to use traditional methods of construction and unskilled labour characterized by excessive consumption of raw materials, non-renewable energy resources and excessive production of waste.

To remain competitive, continue to expand and generate profits in future, the construction industry should face the environmental and economic consequences of its actions, assuming new behaviours.

We urgently need a change in this sector. The reduction in costs and socio-environmental impacts, in the design and project stages, but focused only on the construction phase it's insufficient for the construction sector and buildings to become more sustainable. It is also necessary that the planning of the ventures and construction projects address all the possible impacts involved throughout the life cycle of buildings and find ways to minimize them in all stages.

Thus, the main challenge is to adopt sustainable construction habits that will lead to a change in this sector, through the incorporation of sustainability in its practices, in their products, standards and regulations. Since the professionals on this field, sometimes, don't have the resources to gather information on the practice of sustainable construction, the development of this "Manual of Practice of Sustainable Design" will fill this gap.

The development of this manual is tied to the concept of sustainable construction and consists of a multilevel approach: design, construction, operation and maintenance of an enterprise, taking into account factors such as economics, resource efficiency, the life cycle of the enterprise and well-being of the user.

Key words: manual, project, construction, building, sustainability.

ÍNDICE GERAL

MANUAL DE PRÁTICAS DE PROJECTO SUSTENTÁVEL

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xvii

PARTE I

ENQUADRAMENTO DO TRABALHO. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. Introdução	3
1.2. Objectivos	4
1.3. Organização da dissertação	5

CAPÍTULO 2. A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.1. Conceitos	7
----------------------	---

PARTE II

PRÁTICAS DE PROJECTO SUSTENTÁVEL

CAPÍTULO 3. PRINCÍPIOS DE ANTE-PROJECTO

3.1. Introdução	13
3.2. O processo	14
3.3. Conhecer e compreender os factores naturais do local	19

CAPÍTULO 4. PROJECTO

4.1. Introdução	29
-----------------------	----

SECÇÃO A: ENERGIA

A.1. Enquadramento	33
A.2. Problemática da utilização não racional de energia	34
A.3. Estratégias e políticas energéticas	37
A.3.1. Regulamentação em vigor	37
A.4. Características ambientais e tecnologias energéticas dos edifícios	40
A.4.1. Factores associados aos edifícios	40
A.4.1.1. Forma e configuração dos edifícios	41

A.4.1.2. Orientação e captação de energia solar	42
A.4.2. Factores associados à envolvente da construção	43
A.4.2.1. Paredes	44
A.4.2.2. Coberturas	46
A.4.2.3. Pavimentos	47
A.4.2.4. Envidraçados	48
A.4.2.5. Pintura	55
A.4.2.6. Ventilação	55
A.4.3. Factores associados aos sistemas e equipamentos	59
A.4.3.1. Climatização	59
A.4.3.2. Produção de água quente	61
A.4.3.3. Produção doméstica de electricidade	63
A.4.3.4. Iluminação	65
A.4.3.5. Electrodomésticos e equipamentos	68
 SECÇÃO B: QUALIDADE AMBIENTAL	
B.1. Enquadramento	73
B.2. Ambiente térmico	75
B.3. Conforto visual	80
B.4. Ambiente acústico	86
B.5. Qualidade do ar interior	88
 SECÇÃO C: ÁGUA	
C.1. Enquadramento	95
C.2. Medidas para o uso eficiente da água	98
C.2.1. Dispositivos de utilização mais eficiente	98
C.2.2. Reutilização das águas residuais	101
C.2.3. Reutilização das águas pluviais	103
 SECÇÃO D: MATERIAIS	
D.1. Enquadramento	107
D.2. Avaliação do ciclo de vida e a sua aplicação aos princípios da construção sustentável	109
D.3. Critérios a considerar na selecção de materiais	111
D.3.1. Energia incorporada	111
D.3.2. Potencial de reutilização e reciclagem	113
D.3.3. Toxicidade dos materiais	114
D.3.4. Materiais certificados	117
 CAPÍTULO 5. FASE DE CONSTRUÇÃO	
5.1. Introdução	121

5.2. Directrizes sustentáveis para o processo construtivo	122
5.2.1. Planeamento da obra	123
5.2.2. Medidas de prevenção e minimização de impactes	123
5.2.2.1. Produção de resíduos	123
5.2.2.2. Poeiras e partículas	126
5.2.2.3. Poluição da água	127
5.2.2.4. Impacte visual	127
5.2.2.5. Ruído	128
5.2.2.6. Aumento do volume de tráfego	129
5.2.2.7. Danificação do espaço público	129

CAPÍTULO 6. FASE DE UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

6.1. Introdução	133
6.2. Aspectos relacionados com a utilização	135
6.2.1. Práticas	135
6.3. Aspectos relacionados com a manutenção	137
6.3.1. Estratégias de manutenção	137
6.3.2. Operações de manutenção	138
6.3.2.1. Inspeção	138
6.3.2.2. Limpeza	139
6.3.2.3. Reparação e substituição	139
6.3.3. Prioridades de intervenção	139

CAPÍTULO 7. ANÁLISE ECONÓMICA

7.1. Visão Geral	143
------------------------	-----

CAPÍTULO 8. A SUSTENTABILIDADE COMO META FUTURA

8.1. Introdução	149
8.2. Sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade nos edifícios	150
8.3. Expectativas, tendências e oportunidades	159

PARTE III

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPÍTULO 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1. Conclusões	163
9.2. Perspectivas Futuras	165

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desenvolvimento sustentável	8
Figura 2: Definição do conceito de “desenvolvimento sustentável”	8
Figura 3: Definição do conceito “construção sustentável”	9
Figura 4: Greenwich Millenium Village	9
Figura 5: Benefícios da construção sustentável	10
Figura 6: Fases de um projecto sustentável	15
Figura 7: Abordagem integrada e sustentável às fases do ciclo de vida de uma construção	15
Figura 8: Elementos que devem integrar a equipa de projecto	16
Figura 9: Casas tradicionais de regiões de clima quente e seco	19
Figura 10: Casa tradicional de regiões de clima quente e húmido	19
Figura 11: Tipos de arquitectura em função das diferentes zonas climáticas	20
Figura 12: Influência da vegetação	21
Figura 13: Influência da topografia	22
Figura 14: Influência da água	23
Figura 15: Densidade de urbanização	25
Figura 16: Fontes de energia	34
Figura 17: O ciclo da energia	35
Figura 18: Consumos de energia por sector na UE 25 em 2004	35
Figura 19: Consumos de energia por sector em Portugal em 2004	35
Figura 20: Consumo de energia nos edifícios residenciais	36
Figura 21: Classificação da eficiência energética dos equipamentos	39
Figura 22: Perdas térmicas para diferentes tipos de habitação	41
Figura 23: Variação das perdas térmicas para diferentes tipos de formas com igual volume	42
Figura 24: Representação esquemática da radiação solar incidente nas fachadas de um edifício no inverno e no verão	43
Figura 25: Perdas térmicas através da envolvente	44
Figura 26: Isolamento de lã de ovelha e a sua aplicação numa parede	44
Figura 27: Exemplo de uma parede com isolamento pelo interior	45
Figura 28: Exemplo de uma parede com isolamento pelo exterior	45
Figura 29: Exemplo de uma parede com isolamento na caixa de ar	46
Figura 30: Exemplos de aplicações para coberturas	46
Figura 31: Exemplos de isolamento em pavimentos	47
Figura 32: Formas de colocar o isolamento para evitar pontes térmicas	47
Figura 33: Aproveitamento dos envidraçados num edifício	48
Figura 34: Eficácia de sistemas de sombreamento interiores e exteriores	50
Figura 35: Exemplificação esquemática da influência do tipo de vegetação	54
Figura 36: O efeito das cores	55
Figura 37: Representação esquemática da ventilação natural cruzada	56

Figura 38: Aspecto das grelhas de ventilação utilizadas nas caixilharias de vãos exteriores	56
Figura 39: Tipos de ventilação natural	57
Figura 40: Arrefecimento pelo solo	57
Figura 41: Ventilador e a sua instalação típica num edifício	58
Figura 42: Extractor e a sua instalação típica num edifício	58
Figura 43: Ar condicionado	60
Figura 44: Impacte visual dos sistemas de climatização	60
Figura 45: Termoacumulador eléctrico e sistemas instantâneo a gás	61
Figura 46: Circuito de um sistema colector solar	62
Figura 47: Custos de aquisição e operação de diversos sistemas de produção de água quente	62
Figura 48: Aplicação de painéis fotovoltaicos num conjunto de habitações na Alemanha	63
Figura 49: Solução solar fotovoltaica integrada num edifício cultural de referência nos arredores de Madrid	64
Figura 50: Esquema de funcionamento da microgeração	64
Figura 51: Micro-turbinas eólicas domésticas	65
Figura 52: Sistema micro-hidrogerador instalado numa nascente	65
Figura 53: Lâmpada incandescente	66
Figura 54: Lâmpadas de halogéneo	66
Figura 55: Lâmpadas fluorescentes	67
Figura 56: Lâmpadas fluorescentes	67
Figura 57: LED's	67
Figura 58: Tubo solar	68
Figura 59: Modelo da etiqueta energética	70
Figura 60: Factores que influenciam o conforto e a saúde dos ocupantes dos edifícios	74
Figura 61: Trocas térmicas entre o corpo humano e o meio envolvente	75
Figura 62: Principais mecanismos termo reguladores do corpo humano	76
Figura 63: Relação entre os índices PMV e PPD	79
Figura 64: Espectro da radiação electromagnética	80
Figura 65: Iluminação natural e incorporação na envolvente natural de uma construção	81
Figura 66: Solução para o aproveitamento da luz natural	82
Figura 67: Principais contaminantes do ambiente interior	89
Figura 68: Quantidades de água na Terra	96
Figura 69: Consumo doméstico de água na Europa	96
Figura 70: Principais destinos da água nos edifícios	98
Figura 71: Autoclismo de descarga dupla	99
Figura 72: Aspecto de uma bacia de retrete de compostagem e a parte constituinte da bacia de retrete	99
Figura 73: Chuveiro de baixo caudal	100
Figura 74: Rótulo hídrico em Portugal	101
Figura 75: Aplicação de água residuais em espaços exteriores	102

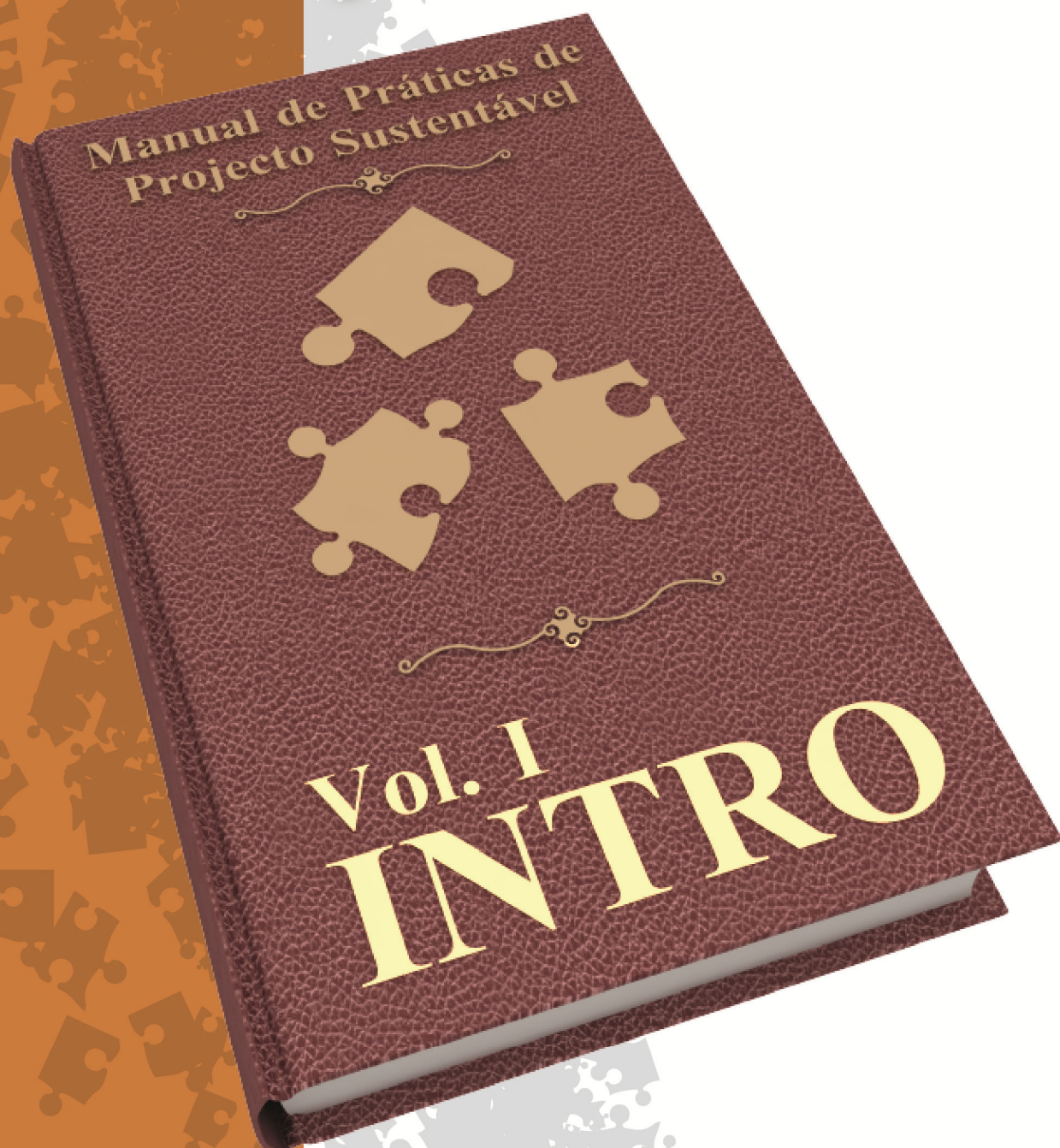
Figura 76: Exemplo de sistema para a recolha, tratamento e armazenagem de água cinzenta e a sua reutilização nas bacias de retrete e torneiras exteriores	103
Figura 77: Sistema convencional para a recolha e armazenagem de água pluvial para utilização doméstica	104
Figura 78: Aproveitamento das águas pluviais	104
Figura 79: Ciclo de vida dos materiais à luz da construção sustentável	108
Figura 80: Ciclo de vida dos materiais de construção e consumos associados	113
Figura 81: Materiais reutilizáveis	114
Figura 82: Impactes produzidos pela construção	122
Figura 83: Resíduos da construção	124
Figura 84: Diminuição do impacto visual dos estaleiros de construção	128
Figura 85: Organização de um manual de utilização e manutenção	134
Figura 86: Estratégias de manutenção	137
Figura 87: Exemplo do custo de implementação de soluções face à fase em que são projectadas	145
Figura 88: Rótulo do sistema BREEAM	152
Figura 89: Rótulo do sistema de avaliação LEED	153
Figura 90: Rótulos de classificação LEED	157
Figura 91: Rótulo do sistema SBTool ^{PT}	157
Figura 92: Rótulo utilizado para comunicar a sustentabilidade de um edifício avaliado através da metodologia SBTool ^{PT} – H	159

ÍNDICE DE TABELAS

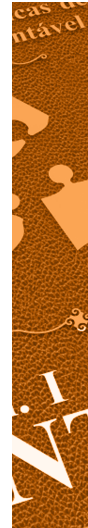
Tabela 1: Tipos de construção – convencional, bioclimática e sustentável	14
Tabela 2: Directrizes para a orientação das equipas de projecto nas diversas fases do ciclo de vida ..	16
Tabela 3: Tarefas que visam apoiar a relação cliente e equipa de projecto	17
Tabela 4: Alguns critérios importantes a considerar no início do processo	18
Tabela 5: Comportamento do vento influenciado pela morfologia	22
Tabela 6: Comportamento da radiação solar influenciada pela morfologia	23
Tabela 7: Coeficiente global de transferência de calor e transmissão de vários tipos de vidro	49
Tabela 8: Coeficiente global de transferência de calor de vários tipos de caixilharias	50
Tabela 9: Sistemas de sombreamento exteriores e as suas características	50
Tabela 10: Sistemas de sombreamento interiores e as suas características	53
Tabela 11: Características técnicas e económicas das lâmpadas portuguesas	66
Tabela 12: Análise económica e ambiental do ciclo de vida de dois tipos de lâmpadas	67
Tabela 13: Consumos eléctricos, custos e emissões de dióxido de carbono por tipo de equipamento eléctrico para um utilização média diária	69
Tabela 14: Resistência térmica de peças de vestuário	77
Tabela 15: Actividades metabólicas típicas para várias actividades	77
Tabela 16: Escala de conforto térmico	79
Tabela 17: Dispositivos de aproveitamento da luz natural e as vantagens	83
Tabela 18: Exemplos de valores de iluminância recomendados pela norma EN 12464-1 para os compartimentos de diversos tipos de edifícios	85
Tabela 19: Iluminâncias recomendadas para diversos tipos de actividade, segundo a CIE	85
Tabela 20: Valores recomendados para o nível de pressão sonora em espaços interiores de alguns tipos de edifícios, a adoptar na fase de projecto	87
Tabela 21: Exemplos de poluentes, principais fontes e respectivos efeitos para a saúde dos ocupantes dos edifícios	89
Tabela 22: Taxas de ventilação recomendadas em fracções residenciais	90
Tabela 23: Caudais mínimos de ar novo em compartimentos de diversos tipos de edifícios	91
Tabela 24: Repartição dos consumos médios diários	97
Tabela 25: Consumo de água no ciclo de vida de uma construção	97
Tabela 26: Ferramentas para ACV de materiais ou produtos	110
Tabela 27: Energia necessária ao fabrico de alguns materiais de construção	112
Tabela 28: Energia gasta em transporte de materiais	112
Tabela 29: Consumo de energia primária de alguns materiais de construção	112
Tabela 30: Exemplos de substâncias tóxicas e seus efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios	115
Tabela 31: Rótulos ecológicos, simbologia e respectivas áreas de destaque	118
Tabela 32: Listagem das metodologias de avaliação e certificação da sustentabilidade	151
Tabela 33: Informação sobre o sistema BREEAM	151
Tabela 34: Critérios avaliados pelo sistema BREEAM	152
Tabela 35: Níveis de classificação utilizados pelo sistema BREEAM	153

Tabela 36: Informação sobre o sistema LEED	153
Tabela 37: Critérios avaliados pelo sistema LEED for Homes	154
Tabela 38: Níveis de classificação LEED	157
Tabela 39: Informação sobre a ferramenta SBTool ^{PT}	157
Tabela 40: Critérios avaliados pela ferramenta SBTool ^{PT} – H	158

ENQUADRAMENTO A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO







PARTE I

ENQUADRAMENTO DO TRABALHO. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. Introdução

As actividades humanas exercem uma forte pressão sobre o planeta, causada pelo crescimento populacional e pelo estilo de vida do Homem, com impactes no ambiente que excedem a capacidade dos ecossistemas fornecerem os recursos naturais, bem como a capacidade dos mesmos se regenerarem. Aos poucos, o Homem tem vindo a tomar consciência da progressiva degradação causada pelas suas acções, pelo que a procura pela sustentabilidade surge com o propósito de estabelecer o equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia.

A partir de meados do século XX assistiu-se a um aumento da preocupação com os impactes negativos do actual modelo de desenvolvimento. No entanto, muitas das abordagens para



encontrar soluções que minimizem ou eliminem estes impactos esbarram nas questões sociais, económicas e políticas dos sectores produtivos. O sector da construção é um exemplo claro do impacto da actividade humana sobre os recursos e onde ainda é incipiente a preocupação com o meio ambiente e com a saúde humana.

Globalmente, e de acordo com o International Council for Research and Innovation in Building and Construction, o sector da construção é responsável pela produção e consumo de 12 a 16% de água, 25% da madeira florestal, 30 a 40% de energia, 20 a 30% da produção de gases com efeito de estufa e 40% dos resíduos (CIB/CSIR, 2002). Deste modo, para se manter competitiva, continuar a expandir-se e gerar lucros no futuro, é necessário que a indústria da construção civil enfrente as consequências ambientais e económicas das suas acções, assumindo novos comportamentos.

Neste contexto desenvolveu-se uma nova corrente construtiva, denominada de construção sustentável, sendo que este tipo de construção nasceu da necessidade de desenvolver processos, metodologias e operações de construção que reduzissem significativamente os problemas de cariz ambiental e energético, através da procura por uma construção eficiente e com o mínimo de impacto no meio envolvente.

É cada vez mais importante sensibilizar para esta problemática e salientar que a procura da sustentabilidade deve deixar de ser uma mera moda para passar a constituir-se como um imperativo ético determinante, colectivo e sem heróis (Mello, 2007).

Não será fácil compreender as especificidades da construção sustentável e a determinação efectiva das suas práticas. Um projecto ambientalmente saudável, ou seja, o processo para uma construção sustentável, acrescenta novos conceitos e procedimentos na concepção, construção e operação, de modo a se atingir os objectivos pretendidos, edifícios ambientalmente correctos, que proporcionem benefícios económicos e sociais aos seus ocupantes. O desenvolvimento de directrizes de construção sustentável ajudam a moldar um projecto e definem conceitos importantes que se movem ao longo das fases do ciclo de vida de um edifício.

É então nesta perspectiva que este trabalho se assume como um contributo para que a construção sustentável seja uma realidade, dinamizadora do equilíbrio entre as bases do desenvolvimento sustentável.

1.2. Objectivos

O objectivo fulcral deste trabalho passa pelo desenvolvimento de um manual que sintetize o grande volume de informações disponíveis sobre construção/edifícios sustentáveis e fazer destas informações um recurso útil para os profissionais da construção, mas também para o público em geral, e que possa ser utilizado como base nas diversas tomadas de decisão que tenham como objectivo a concepção de edifícios sustentáveis. Deste modo, pretende-se neste manual promover estratégias/práticas que, por um lado minimizem o consumo de recursos naturais, e por outro lado, aumentem o grau de satisfação dos utilizadores através da criação de edifícios de melhor qualidade arquitectónica e funcional.

O sector da construção envolve um vasto conjunto de impactos cuja gestão sustentável do mesmo pode conduzir a índices de desempenho ambiental e social mais elevados. A integração de princípios de sustentabilidade neste sector, pode processar-se ao nível do projecto, onde estes princípios devem ser integrados nas diferentes fases do ciclo de vida do edifício, identificando todos os factores ambientais, sociais, económicos e tecnológicos que a realização desse mesmo projecto implica.



Como resultado do desenvolvimento deste trabalho, espera-se que este contribua de forma positiva e significativa nas tomadas de decisão das equipas de projecto, nomeadamente, para uma melhor compreensão do que é a verdadeira construção sustentável e de todos os seus aspectos envolventes, visto ser uma perspectiva inovadora e arrojada em relação à construção tradicional.

1.3. Organização da dissertação

A apresentação e desenvolvimento dos diversos temas abrangidos pela presente dissertação encontram-se organizados em três partes, subdivididas num total de nove capítulos. Nos parágrafos seguintes é apresentado resumidamente o conteúdo de cada uma das partes.

Na parte I, composta por 2 capítulos, é efectuado o enquadramento da dissertação e realizada a apresentação do contexto actual da sustentabilidade na construção. No capítulo 1 realiza-se a introdução do tema e enumeram-se os objectivos preconizados. No capítulo 2 é definido o conceito de “construção sustentável”, sendo referenciada a importância deste tipo de construção para a minimização dos impactes ambientais, e as consequentes vantagens associadas. Neste capítulo, refere-se ainda a construção sustentável como uma mais-valia para o sector da construção, mas sem esquecer os seus principais obstáculos.

A parte II, composta por 6 capítulos, orienta as equipas de projecto e restantes intervenientes, através da apresentação de práticas e estratégias a adoptar na concepção de edifícios sustentáveis e noutras fases do ciclo de vida do mesmo. Depois de apresentadas as orientações, são analisados os custos da construção sustentável, dando-se especial destaque ao custo-benefício da construção sustentável. Nesta parte também são apresentados alguns exemplos de sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade que têm como objectivo incentivar a adopção de práticas mais sustentáveis na construção.

Por último, na parte III, composta pelo capítulo 9, apresentam-se as conclusões e perspectivas futuras deste trabalho.







CAPÍTULO 2

A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.1. Conceitos

Os conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável têm vindo a ter grande impacto na sociedade, sendo adoptados por empresas, particulares, instituições e até mesmo por governos.

Entende-se por sustentabilidade, a conjugação de três factores fundamentais à vida humana: o ambiente, a sociedade e a economia. De forma resumida, a sustentabilidade não é mais do que a relação estabelecida pelo Homem entre “justiça social, qualidade e equilíbrio ambiental”. A Figura 1 ilustra esta inter-relação de conceitos.





Figura 1: Desenvolvimento sustentável (fonte: SHFA, 2008)

Pelas razões supramencionadas pode-se identificar a forte e cada vez maior preocupação com o esgotamento de recursos naturais e a possível auto-destruição do planeta por parte do Homem como génese da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável. Alerta-se ainda para o facto de ser possível ocorrer uma catástrofe, caso o Homem nada faça para salvar o planeta através da adopção de medidas adequadas. Para isto é necessário uma mudança de paradigma no actual modelo de desenvolvimento, de forma a que este seja conduzido de forma menos economicista.

Pode-se apontar como factor primordial para a implementação da sustentabilidade, o cumprimento da legislação, já que a mesma permite associar práticas económicas e sociais a práticas ambientalmente correctas. Este aspecto é sugerido por Pinheiro (2006) pela integração de medidas ambientais na política económica, promovendo o bem-estar e visando reduzir o consumo de recursos, a produção de resíduos e a preservação da biodiversidade. Daí que, sejam apontados, entre outros factores, a industrialização galopante e a utilização selvagem e arbitrária dos recursos naturais como principais causas da actual crise ecológica. Exemplo disso é a indústria da construção que apresenta uma enorme influência e impacte ambiental, pois envolve elevado consumo energético, produção de grande quantidade de resíduos, extracção de materiais e consumo de recursos hídricos (Rocheta & Farinha, 2007).

Em síntese, é possível afirmar que a sustentabilidade visa a promoção da qualidade de vida e o bem-estar da sociedade, tendo sempre como elemento primordial as preocupações ambientais. É com base nesta máxima que muitos autores referem a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável como uma mudança de atitudes e práticas que visam englobar o ambiente no seu desenvolvimento, estabilizando a procura por recursos e, finalmente, conservar a biodiversidade. Na Figura 2 apresenta-se a definição do conceito de “desenvolvimento sustentável”, sendo esta a mais consensual e que consta no Relatório de Brundtland.

“Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Figura 2: Definição do conceito de “desenvolvimento sustentável” (fonte: WCED, 1987)

Perante isto, pode-se considerar que o conceito de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável é aplicável às diversas áreas do quotidiano, como a indústria dos transportes e da construção, não estando restrita a uma determinada área ou dimensão.

À semelhança do que foi referido anteriormente, a indústria da construção é uma das indústrias mais perigosas para o meio ambiente e para a manutenção da biodiversidade e como tal o conceito de sustentabilidade ser-lhe-á útil, sendo normalmente designado por construção sustentável ou “sustainable building”, expressão inglesa para designar este novo tipo de construção.



A construção sustentável deve ser vista como uma resposta da indústria da construção para que sejam atingidas as metas e objectivos do desenvolvimento sustentável. A definição deste conceito tem sofrido alguma evolução ao longo do tempo, sendo que a definição mais aceite foi proferida por Kibert (1994) e que se encontra apresentada na Figura 3.

“Construção sustentável é a edificação ou espaço construído que teve na sua concepção, construção e operação o uso de conceitos e procedimentos reconhecidos de sustentabilidade ambiental, proporcionando benefícios económicos, na saúde e no bem-estar dos seus ocupantes”.

Figura 3: Definição do conceito “Construção Sustentável” (fonte: Kibert, 1994)

Muitos projectos com base nestes conceitos têm sido bem sucedidos e estão a ganhar forma em todo o mundo, pondo em causa o nível de desempenho da construção tradicional, e levando a interrogar se os edifícios convencionais não estão aquém das expectativas e da qualidade. A Figura 4 apresenta um exemplo de um projecto sustentável bem concebido nos arredores de Londres.

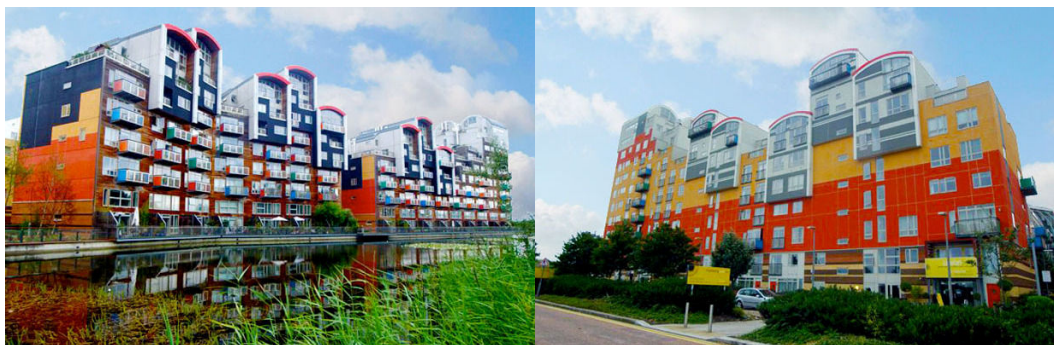


Figura 4: Greenwich Millenium Village (fonte: GMV, 2011)

É então neste sentido que se defende a utilização da natureza como elemento valorizador da construção, e o Homem, enquanto parte integrante neste processo, deve integrar a natureza no meio edificado.

De forma a clarificar o conceito e a delimitar os principais objectivos e vantagens da construção sustentável, Charles Kibert apresentou um conjunto de vectores, aos quais chamou “os sete princípios para a construção sustentável”, tendo em conta que este tipo de construção respeita todo o ciclo de vida do ambiente construído (Kibert, 1994):

- Redução do consumo de recursos;
- Reutilização de recursos, tanto quanto possível;
- Reciclar os resíduos da demolição e sempre que possível utilizar materiais reciclados;
- Proteger os sistemas naturais e o funcionamento de todas as suas actividades;
- Eliminar todos os materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
- Incorporar o custo total nas decisões económicas;
- Promover a qualidade em todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído.

Com base nestes objectivos, o autor referido considera que a construção sustentável deve envolver todo o ciclo de vida dos edifícios, uma vez que a minimização e redução dos impactes na Natureza dependem do desempenho dos edifícios durante todas as suas fases (Kibert, 1994). Como consequência a aplicação de práticas sustentáveis originará a redução dos impactes negativos sobre o ambiente, surgindo assim como uma prioridade a adoptar, através do recurso a materiais e tecnologias mais eficientes, que aumentem o desempenho dos edifícios durante o seu ciclo de vida, segundo os três pilares do desenvolvimento sustentável (Figura 5).



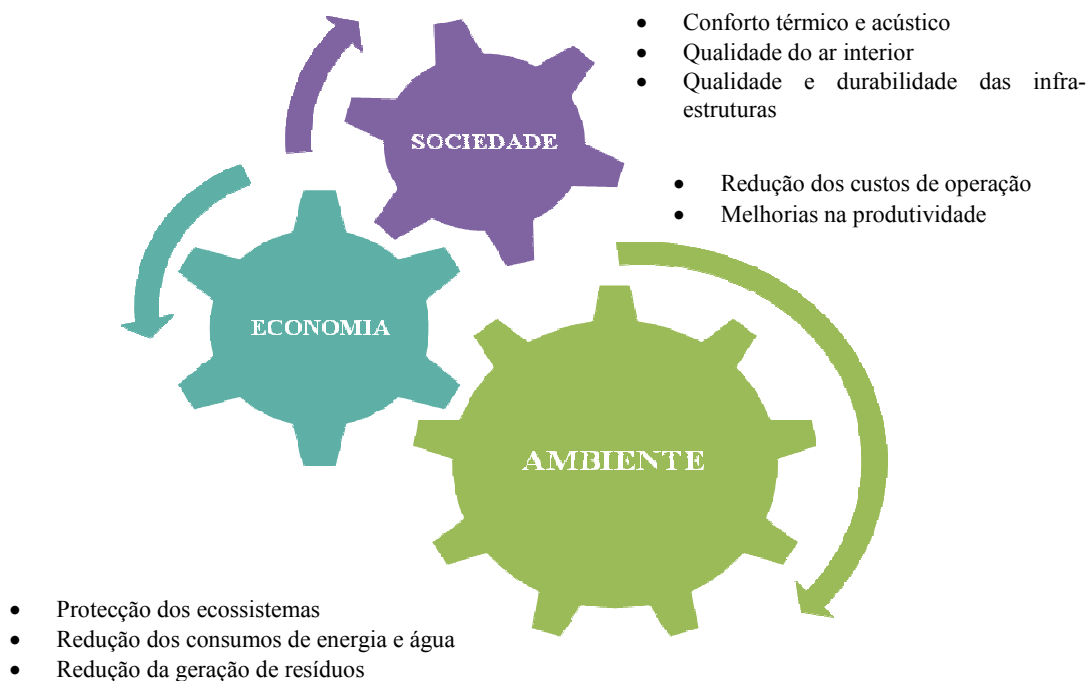
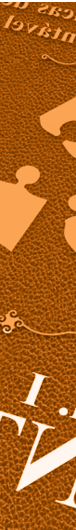


Figura 5: Benefícios da construção sustentável

Apesar da existência de diversas definições para o conceito de construção sustentável, o objectivo implícito em todas elas é o mesmo, a procura de maior qualidade de vida sem comprometer o equilíbrio com a natureza. Esta abordagem leva à reformulação do ambiente construído, de modo a reduzir ou minimizar os impactes no ambiente, regendo-se pela diminuição do consumo de água, energia, recursos e resíduos, adoptando um conjunto de práticas que procuram integrar a componente ambiental, social e económica através da optimização do seu desempenho global.

A construção sustentável considera o ciclo de vida total dos edifícios uma vez que a minimização e redução dos impactes no ambiente dependem do desempenho dos edifícios durante todas as suas fases, o que levará à procura de soluções construtivas, materiais e tecnologias mais eficientes, isto é, que aumentem o desempenho das construções. A adopção de medidas e a sua implementação permitem que os impactes associados ao ambiente construído possam ser minimizados, ou mesmo eliminados, sendo um contributo importante para a sustentabilidade global do planeta.



PRÍNCIPIOS DE ANTE-PROJECTO







PARTE II

PRÁTICAS DE PROJECTO SUSTENTÁVEL

CAPÍTULO 3

PRÍNCIPIOS DE ANTE-PROJECTO

3.1. Introdução

A conclusão de uma construção, tal como especificado nas peças desenhadas, no tempo estabelecido e com o orçamento previsto, não será mais do que cumprir as responsabilidades de uma gestão correcta de projecto. No entanto, quando o projecto deixa de ser convencional, para passar a ser um projecto sustentável, será necessário assumir algumas considerações adicionais, pelo facto de se ambicionar a integração de conceitos e procedimentos na concepção, construção e operação, que levarão à implementação de edifícios ambientalmente correctos e que simultaneamente proporcionem benefícios económicos e sociais.

O conceito de construção sustentável tem sido muitas vezes associado à mera diminuição dos consumos energéticos nos edifícios, sendo por isso confundido com o conceito de arquitectura





bioclimática. Como se pode observar na Tabela 1, o conceito de construção sustentável é muito mais abrangente do que outros tipos de construção, como por exemplo, a construção tradicional e a bioclimática. Deste modo, os conceitos e princípios desenvolvidos ao longo deste trabalho devem ser incorporados desde o início no projecto e cumpridos ao longo das fases do ciclo de vida do edifício.

Tabela 1: Tipos de construção – convencional, bioclimática e sustentável (fonte: Yeang, 2001)

Aspectos	Tipos de construção		
	Convencional	Bioclimática	Sustentável
Configuração do edifício	Outras influencias	Influenciada pelo clima	Influenciada pelo meio ambiente
Orientação do edifício	Pouco importante	Crucial	Crucial
Fachadas e janelas	Outras influências	Dependentes do clima	Dependentes do meio ambiente
Fonte de energia	Gerada	Gerada/ambiente	Gerada/ambiente/local
Controlo do ambiente interno	Electromecânico (artificial)	Electromecânico/natural	Electromecânico/natural
Consumo de energia	Geralmente elevado	Reduzido	Reduzido
Fontes de matérias-primas	Pouco importante	Pouco importante	Reduzido impacte ambiental
Tipo de materiais	Pouco importante	Pouco importante	Reutilizáveis/recicláveis/reciclados

A fase de ante-projecto é o primeiro passo na direcção da sustentabilidade na construção, sendo este um momento crítico onde se discute o nível de incorporação de práticas sustentáveis no edifício a conceber.

As decisões tomadas nesta fase não só irão definir o rumo do projecto, como também devem provar o custo-benefício ao longo da vida do edifício. Nesta fase é de vital importância traçar e estabelecer metas para o desenvolvimento de uma construção sustentável, definir o processo para alcançar esses objectivos, e desenvolver uma compreensão clara dos resultados esperados.

O desenvolvimento de directrizes de construção sustentável ajuda a moldar um projecto e define conceitos importantes a aplicar ao longo das fases do ciclo de vida de um edifício. A equipa de projecto e os restantes intervenientes neste processo poderão obter resultados mais eficazes através da aplicação de diversos conceitos que irão ser abordados neste capítulo.

Neste capítulo serão fornecidas informações sobre a fase de ante-projecto, que levarão à ponderação e eventual desenvolvimento e construção de um edifício sustentável.

3.2. O processo

Tal como descrito na Figura 6, o processo para um projecto de construção sustentável, segue o processo convencional, mas com uma consideração adicional, pelo facto de se integrar conceitos, processos, sistemas e materiais sustentáveis. As actividades que devem ocorrer nesta fase de ante-projecto serão apresentadas e discutidas nesta secção, sendo as restantes práticas apresentadas ao longo do trabalho.





Figura 6: Fases de um projecto sustentável

Tal como em outras temáticas e em outros aspectos do quotidiano, antes da concepção existe sempre, ou quase sempre, uma fase de reflexão, análise e ponderação no sentido de otimizar a selecção.

A fase de ante-projecto é o primeiro passo no processo construtivo, onde se definem práticas sustentáveis, práticas essas que devem ser planeadas e definidas desde o início, e que levarão a definir o rumo do projecto. A concepção de um edifício sem ter a clara noção dos três pilares fundamentais para a construção sustentável, não irá resultar num melhor desempenho e na redução de custos em todo o ciclo de vida do edifício.

Um plano claramente desenvolvido orientará as tomadas de decisões durante todo o processo, através da incorporação de questões relacionadas com a escolha do local de implantação, os sistemas construtivos a adoptar, entre outros aspectos.

A gestão integrada de um projecto de construção é um marco importante para o desenvolvimento de edificios sustentáveis. Esta abordagem integrada é desenvolvida através de estratégias de desenho solar passivo que combinam a localização, as características arquitectónicas, mecânicas e eléctricas de uma forma sistemática, resultando numa melhoria efectiva do edifício e no aumento do grau de satisfação dos utilizadores. Contudo, estes aspectos devem ser integrados em todas as fases de compõem o ciclo de vida de uma construção, tal como apresentado na Figura 7.

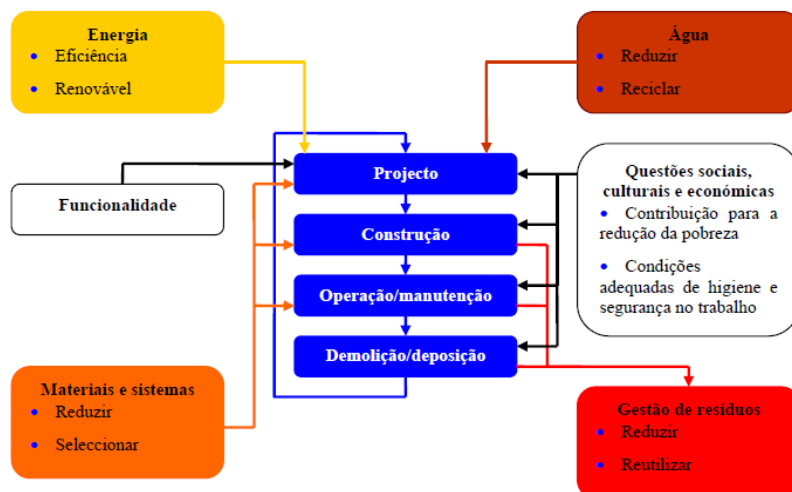


Figura 7: Abordagem integrada e sustentável às fases do ciclo de vida de uma construção (fonte: Mateus, 2009)

Tal como ilustrado na Figura 8, a equipa de projecto e construção deve integrar um número variado de membros e profissionais, nomeadamente: proprietário do imóvel; arquitectos; engenheiros; e empreiteiros. Para que esta abordagem seja bem sucedida, todos os elementos da equipa devem-se comprometer com os objectivos propostos, tendo por finalidade o desenvolvimento de uma construção sustentável. Ao invés de trabalhar isolados nas suas áreas de especialização, os membros da equipa devem-se pautar por uma abordagem multidisciplinar e integrada. Grande parte deste processo poderá envolver formação e sensibilização dos elementos da equipa, de modo a que reconheçam os benefícios de um projecto sustentável.

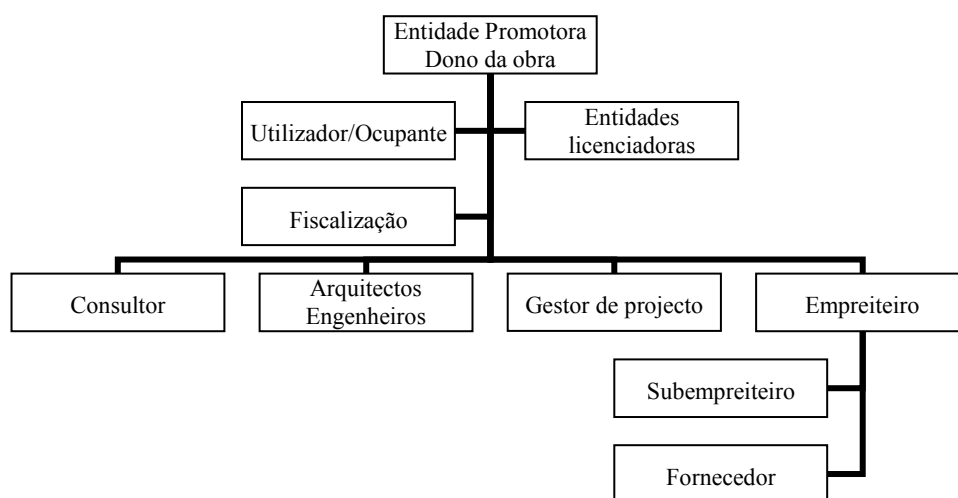


Figura 8: Elementos que devem integrar a equipa de projecto (fonte: USGBC, 1996)

A cada um dos intervenientes são atribuídas tarefas e respectivas responsabilidades, tais como: a decisão e aprovação; o acompanhamento e assistência; a supervisão, coordenação e controlo; e ainda execução.

As directrizes adoptadas são uma componente importante no desenvolvimento de uma construção sustentável, sendo que estas devem dirigir as actividades da equipa de projecto desde a aceitação passando por todas as fases subsequentes do projecto. Estas directrizes podem articular princípios que esclarecem os objectivos e apoiam a equipa de projecto, sendo que estas orientações podem, inicialmente, desenvolver metas mais definidas em cada fase do processo de construção e depois relacionar prioridades e objectivos específicos para um projecto específico. A Tabela 2 descreve algumas das questões com que a equipa de projecto se depara, incluindo questões relacionadas com a eficiência energética, a qualidade ambiental, a conservação dos recursos e a reciclagem, entre outras.

Tabela 2: Directrizes para a orientação das equipas de projecto nas diversas fases do ciclo de vida (fonte: OA, 2001)

Fase do processo de construção	Estratégias
ACEITAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Identificar a sustentabilidade como sendo uma questão prioritária Acordar os objectivos de comportamento ambiental para o edifício
PROJECTO Estudo Prévio	<ul style="list-style-type: none"> Considerar o que se poderá fazer, dados os limites orçamentais Utilizar estratégias solares passivas, incluindo a luz natural Proporcionar o acesso solar às áreas residenciais de permanência Utilizar massa térmica para reduzir as flutuações de temperatura Considerar métodos para o abastecimento de água e a gestão de resíduos
PROJECTO Estudo Prévio	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar materiais de fabrico local Optimizar a proporção e distribuição das aberturas na envolvente exterior
Projecto Base	<ul style="list-style-type: none"> Ultimar o projecto (planos, cortes, alçados) para as aprovações regulamentares: considerar as implicações nos sistemas de iluminação natural/ventilação/passivos e activos Seleccionar os materiais e métodos de construção, tendo em conta a massa térmica, as aberturas, o sombreamento e a origem dos materiais
Projecto de Execução	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolver as especificações para que o trabalho possa ser bem executado, e possa ser feita uma boa gestão do local Pormenorizar tendo em mente o comportamento térmico, a luz natural e a ventilação controlada do edifício Especificar as caixilharias de portas e janelas exteriores considerando o seu desempenho ambiental



Tabela 2 (cont.): Directrizes para a orientação das equipas de projecto nas diversas fases do ciclo de vida (fonte: OA, 2001)

Fase do processo de construção	Estratégias
CONSTRUÇÃO	
Processo de um concurso	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar os requisitos da construção sustentável aos empreiteiros concorrentes • Especificar práticas de construção e tolerâncias mais exigentes
Fiscalização	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger a paisagem natural do local, tanto quanto possível • Assegurar a perfeição dos revestimentos de isolamento térmico e a ausência de pontes térmicas nas aberturas • O empreiteiro não deverá substituir os materiais ou componentes sem a aprovação do arquitecto • Assegurar métodos adequados de deposição de resíduos
Recepção	<ul style="list-style-type: none"> • Assegurar que o cliente e os utilizadores compreendem os conceitos e sistemas utilizados no edifício (fornecer manuais de manutenção/operação) • Demonstrar como se poderá obter o máximo dos controlos dos sistemas activos
Período de Garantia	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorizar o comportamento real dos sistemas activos face ao que foi projectado
MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar materiais de limpeza e higiene de reduzido impacte ambiental • Considerar a qualidade de ar interior e um saudável ambiente edificado

Com a crescente preocupação em introduzir o conceito de sustentabilidade na construção e a importância que a construção sustentável representa para esse fim, têm sido adoptadas práticas/estratégias que permitem aumentar a sustentabilidade nos edifícios. Contudo, o processo construtivo conjuga muitas questões diferentes, e por conseguinte, a equipa de projecto ver-se-á obrigada a gerir todas essas questões. Assim sendo, seguidamente apresentam-se algumas práticas a cumprir, que facilitarão a organização do trabalho das equipas.

i) Estabelecer uma visão construtiva que abrace os princípios da sustentabilidade

A equipa de projecto, conjuntamente com o cliente, deve definir claramente e articular a visão que irá apoiar e fazer cumprir os objectivos por uma construção sustentável ao longo do processo. Para tal, a Tabela 3 apresenta algumas tarefas que podem ser definidas pela equipa de projecto.

Tabela 3: Tarefas que visam apoiar a relação cliente e equipa de projecto (fonte: OA, 2001)

Fase	Tarefas
Programa Base	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer o aconselhamento sobre as questões ambientais (custos ambientais e de ciclo de vida, objectivos a atingir no projecto) • Efectuar modelos topográficos para estudar a protecção e a exposição solares • Analisar o microclima local
Estudo Prévio	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer pesquisa específica sobre sistemas sustentáveis, materiais e componentes
Projecto Base	<ul style="list-style-type: none"> • Estudar o interior dos compartimentos para otimizar a luz natural e minimizar o encadeamento • Redesenhar e fazer estudos de pormenor das fachadas, de forma a otimizar o seu desempenho energético
Processo de Concurso	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar instruções para os empreiteiros sobre a protecção do local da obra
Período de Garantia e Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar manuais especiais contendo recomendações sobre os custos do ciclo de vida



ii) Estabelecer as metas do projecto de construção sustentável, desenvolvidas a partir do ponto descrito anteriormente

As metas do projecto devem emanar as necessidades e os valores do cliente. As metas não precisam de ser específicas, mas devem ser ideias base que possam ser desenvolvidas e integradas pela equipa do projecto. Estas podem incluir questões como, por exemplo, a eficiência energética, a qualidade ambiental interior e exterior, a minimização de resíduos e os princípios gerais da sustentabilidade (Tabela 4).

Tabela 4: Alguns critérios importantes a considerar no início do processo (fonte: OA, 2001)

Aspectos	Crítérios
Estrutura do edifício	<ul style="list-style-type: none">• Reutilizar restos de demolições e utilizar materiais no seu estado natural• Energia incorporada: utilizar estruturas compostas para maximizar a utilização de materiais e sistemas com um baixo conteúdo energético• Utilizar materiais sustentáveis (madeira, terra, palha)• Facilitar a demolição e reciclagem da estrutura• Relacionar a massa e o comportamento térmico
Desenho da envolvente	<ul style="list-style-type: none">• Relacionar a área das aberturas com a iluminação e o desempenho térmico• Utilizar materiais sustentáveis
Sistema de iluminação	<ul style="list-style-type: none">• Maximizar a utilização da luz natural disponível• Seleccionar e localizar as luminárias e dispositivos de elevada eficiência• Gerir a iluminação: controlos para a integrar a luz natural e artificial
Sistemas de abastecimento de água	<ul style="list-style-type: none">• Minimizar o consumo de água através da selecção de dispositivos para a conservar e reutilizar a água• Optar por pequenos sistemas compactos de tratamentos de águas residuais
Aquecimento	<ul style="list-style-type: none">• Maximizar as técnicas passivas de aquecimento (aconselhar sobre o projecto do edifício e, em particular, sobre o desenho da fachada para maximizar os ganhos solares úteis; simular os fluxos de calor no edifício em diferentes condições de temperatura e épocas do ano)• Maximizar a eficiência dos sistemas activos de aquecimento• Informar sobre os cálculos do custo ao longo do ciclo de vida• Calcular a energia para contabilizar os ganhos passivos
Arrefecimento	<ul style="list-style-type: none">• Maximizar as técnicas passivas de arrefecimento (massa térmica e ventilação para promover o arrefecimento passivo; simulação térmica para prever a flutuação das temperaturas interiores em relação às exteriores; aconselhamento sobre o desenho da fachada; simulações de sombreamento e de iluminação natural/ganhos solares)• Minimizar o consumo de energia através de sistemas activos
Estimativa de custos	<ul style="list-style-type: none">• Efectuar estudos comparativos do custo ao longo do ciclo de vida para componentes individuais e sistemas alternativos, com vista à análise integrada dos custos iniciais, custos de utilização, custos de demolição e reutilização• Contabilizar os custos ambientais
Paisagismo	<ul style="list-style-type: none">• Avaliar o local de implantação• Vegetação autóctone: conservação e propagação• Estação de tratamento de águas residuais

iii) Estabelecer critérios de desenho sustentável

Os critérios de desenho devem começar por clarificar os aspectos mais importantes e relevantes do projecto. Por exemplo, estes critérios podem definir melhorias na eficiência energética, indicando estratégias e equipamentos que recorram às energias renováveis e que possam fornecer orientações para a qualidade ambiental interna. Adicionalmente, estes critérios podem ainda recorrer à avaliação do ciclo de vida, de modo a analisar os impactes ambientais directos e indirectos resultantes da construção.



Após a consciencialização das equipas de projecto para estas práticas de gestão de projecto será igualmente importante que as mesmas sejam dotadas de conceitos ao nível da implantação do edifício, ou seja, conhecer e compreender os factores naturais do local de implantação, os quais possuem uma influência determinante no comportamento do edifício.

3.3. Conhecer e compreender os factores naturais do local

Desde sempre se tentou adaptar as construções ao clima local, sendo este o aspecto que mais influencia a concepção da envolvente. Assim, torna-se importante conhecer e estudar os tipos de climas existentes à face do planeta, pois para cada um deles deverão ser consideradas diferentes estratégias de desenho da envolvente. Este aspecto deverá ser considerado pela equipa de projecto e, mesmo que esta não tenha o poder de decisão na escolha do local de implantação, poderá incutir estratégias consoante o tipo de clima onde será implantado o edifício.

As regiões de clima quente e seco, caracterizam-se por uma grande amplitude térmica diária, sendo que a construção deverá ser compacta com o objectivo de se reduzirem as superfícies expostas à radiação solar. Como princípio deve-se recorrer a poucas aberturas, a paredes de elevada inércia térmica para se controlar as variações térmicas do ambiente interior e assim proteger o edifício dos ventos quentes (Figura 9).



Figura 9: Casas tradicionais de regiões de clima quente e seco (fonte: olhares.pt, 2005)

Nas regiões de clima quente e húmido (tropical) as temperaturas são elevadas e acompanhadas de um forte regime pluviométrico (Figura 10). Assim, a principal preocupação neste tipo de clima será a de manter boas condições de ventilação cruzada, uma vez que a combinação entre elevadas temperaturas e humidade, para além de aumentar a sensação de desconforto, potencia sintomas de mal-estar físico e psicológico.

Nas construções tradicionais destas zonas climáticas, de modo a se minimizarem os ganhos de calor, deve-se optar por maximizar a área da envolvente, favorecer a circulação interior de ar (ventilação cruzada), através da criação de aberturas nas fachadas orientadas a Norte e a Sul, e localizar os edifícios em zonas sujeitas a brisas (Mateus & Bragança, 2006).



Figura 10: Casa tradicional de regiões de clima quente e húmido (fonte: olhares.pt, 2005)





Nas regiões de clima temperado, cujo clima é o que mais se adequa à realidade portuguesa, pode-se distinguir dois tipos: o temperado ameno (faixa litoral); e o temperado frio (interior).

As respostas do desenho arquitectónico incluem as seguintes soluções:

- Uma elevada inércia térmica;
- A maximização das fachadas viradas a norte, especialmente em áreas com acesso solar passivo;
- A minimização de janelas viradas a oeste e a este, e utilização adequada de dispositivos de sombreamento;
- Utilização de ventilação cruzada e de arrefecimento passivo no verão.

Nas regiões de clima temperado frio as amplitudes térmicas diurnas são mais elevadas, e a utilização de soluções com elevada inércia térmica é mais importante do que nas zonas de clima temperado ameno. Os edifícios localizados neste tipo de clima deverão ser compactos e com o mínimo de aberturas possíveis, para se protegerem contra os ventos frios, uma vez que a sua presença associada a baixas temperaturas reforça a sensação de desconforto térmico. Deve-se ainda reforçar o isolamento em zonas de potenciais pontes térmicas. Nestas zonas climáticas, pode ser necessário utilizar sistemas de aquecimento auxiliar, devendo-se prever sistemas que utilizem energias renováveis (Mateus & Bragança, 2006).

Em regiões de clima frio, o principal problema com que a equipa de projecto se depara é com a enorme exigência de conservação de calor, e daí ser necessário um forte investimento em isolamentos e em estratégias de protecção contra os ventos.

Os edifícios nestas zonas climáticas devem ser concebidos de modo a apresentarem envolventes com a menor área possível, pois quanto maior for a área da envolvente maiores serão as perdas energéticas (Mateus & Bragança, 2006). Exemplos típicos de construção deste tipo de clima são os iglos, construídos com blocos de gelo de forma semi-esférica, com isolamentos interiores de peles de animais. As construções deste tipo apresentam pequenas aberturas, para a entrada de luz, mas sempre acompanhadas de isolantes altamente eficientes.

A Figura 11 apresenta os diferentes tipos de arquitectura em função das diferentes zonas climáticas no planeta Terra.

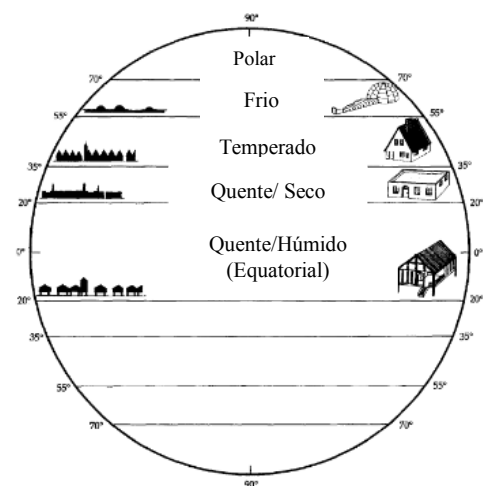


Figura 11: Tipos de arquitectura em função das diferentes zonas climáticas (fonte: Golany, 1996)

Para além da adaptação das construções ao clima, existem também outros aspectos que poderão ajudar a tirar partido das condições naturais, nomeadamente a presença de vegetação. As espécies vegetais são um factor de primeira necessidade para a criação de um microclima favorável, para além de assumirem várias funções ambientais que têm especial importância no espaço urbano.



O ser humano tem vindo a contribuir para a modificação da paisagem natural, através de acções construtivas que exigem que não se ignore este aspecto natural, sob a pena de inviabilizar a sustentabilidade do seu território. O Homem como ser consciente, tem noção que é parte integrante da natureza e que dela necessita para se integrar completamente no seu habitat, tornando-se esta inter-relação uma necessidade básica que aliada a políticas de sustentabilidade ambiental, reforçam o papel e a necessidade da existência de espaços verdes.

A vegetação é uma ferramenta magnífica do ponto de vista do ordenamento do território, pois possui características que permitem tirar partido da sua utilização. As principais vantagens da utilização da vegetação no planeamento urbano são (Almeida & Silva, 2009):

- Melhoria na qualidade do ar;
- Representam barreiras contra o vento;
- No Inverno reduzem as perdas de calor;
- Nos meses sobreaquecidos absorvem grande quantidade de radiação solar e, mediante a evaporação, arrefecem a temperatura do ar;
- Exercem também um papel muito eficaz no controlo da radiação solar, quer a que incide directamente nos edifícios, quer a que incide nas zonas pavimentadas e é depois reflectida para o seu interior, além de proporcionarem sombra;
- Absorve o ruído.

O planeamento urbano não deve ignorar nas suas escolhas o tipo de vegetação e as suas características, atendendo aos proveitos que cada uma delas pode originar, nomeadamente, ao nível da capacidade de fornecer sombra, e de permitir que os níveis de humidade gerados constituam, juntamente com as temperaturas médias registadas durante o ano, uma combinação que propicie conforto térmico (Carvalho, 2006). Em função destas características apresentam-se as seguintes aplicações na sua utilização:

- As plantas de folha caduca promovem o sombreamento no Verão e a transparência no Inverno, sendo utilizadas principalmente para regular a quantidade de radiação solar anual nas fachadas;
- As plantas de folha persistente e densa são utilizadas como barreiras protectoras aos ventos dominantes, podendo também ser utilizados na protecção contra ruídos;
- As plantas trepadeiras são utilizadas como protecção térmica das fachadas, mas além do factor térmico apresenta outras vantagens tais como protecção acústica, estética, de impermeabilidade e de renovação do ambiente pela sua produção de oxigénio.

A Figura 12 apresenta alguns exemplos práticos da influência da vegetação.

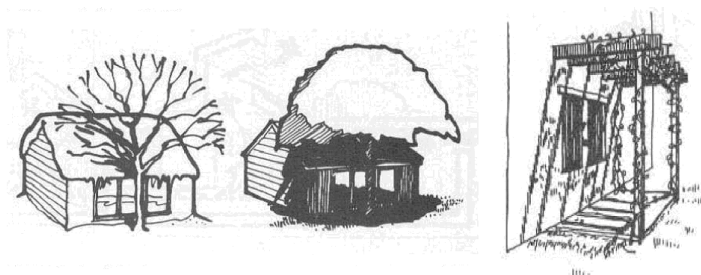


Figura 12: Influência da vegetação (fonte: Lanham *et al*, 2004)

Outro aspecto, que não deve ser descurado é o estudo dos factores morfológicos, onde devem ser incluídos aspectos relacionados com a altitude, declives e orientação das vertentes (Figura 13).



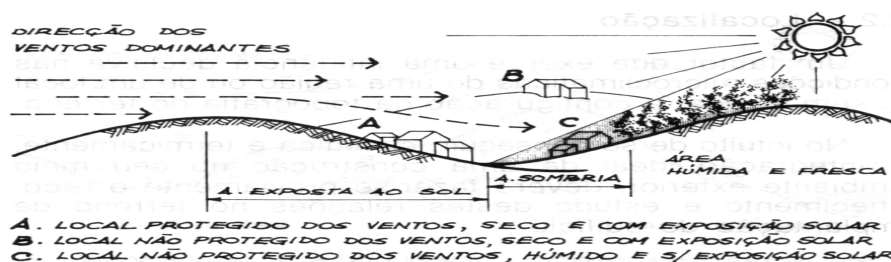


Figura 13: Influência da topografia (fonte: Moita, 1987)

A força de atrito varia com a altura, levando à intensificação do vento, conforme aumenta a altitude. O comportamento do vento fornece informações importantes, na medida em que pode alertar para o facto de existirem diferentes patamares de intensificação do vento, que dependem da altitude, podendo ser necessário adoptar distintas medidas de protecção. A consciencialização sobre este comportamento poderá contribuir também para a rentabilização da ventilação natural, quer para os espaços exteriores, quer também como contributo de ventilação natural no interior dos edifícios. A Tabela 5 sintetiza o comportamento da ventilação, atendendo aos factores morfológicos.

Tabela 5: Comportamento do vento influenciado pela morfologia (fonte: Carvalho, 2006)

Comportamento do vento

- A partir de uma altitude compreendida entre os 500 e 1000 metros os ventos intensificam-se - sendo designados por ventos geostróficos;
- Os ventos anabáticos, de vale ascendentes durante o dia, devem ser considerados enquanto um possível contributo de reforço da ventilação de edifícios voltados na sua direcção. Ainda assim, é necessário atender ao facto da velocidade destes ventos ser capaz de deformar árvores;
- Os ventos ao passar por um vale encaixado, assumem movimentos de ascensão, pelo que os edifícios localizados em encostas próximos do estrangulamento não devem ignorar esta ondulação vertical;
- Os ventos catabáticos, de montanha descendentes durante a noite, devem ser analisados atendendo às necessidades climáticas de um local. Perante um contexto de necessidade de arrefecimento prioritário, podem constituir uma forma privilegiada de aproveitamento de ventilação nocturna, caso o edifício se encontre devidamente orientado. Em contextos espaciais onde imperam as necessidades de aquecimento, o edifício deverá encontrar-se protegido em relação a estes ventos, devendo evitar-se uma respectiva orientação perpendicular ou minimizar planos de janela predominantemente horizontais;
- As brisas descendentes de vale e de encosta, ocorridas durante a noite, são propícias à formação de geada, exigindo alguns cuidados ao nível da implantação de algumas infra-estruturas, nomeadamente, estradas. Em situações em que tal seja possível optar, as estradas devem localizar-se em encostas expostas a sul, mais soalheiras;
- Os edifícios, infra-estruturas e equipamentos localizados numa vertente a sotavento, expostos ao vento e às chuvas orográficas deverão reforçar medidas arquitectónicas (por ex. telhados inclinados e aproveitamento de águas pluviais) e de construção que minimizem o nível de humidade (por ex.: isolamentos reforçados, evitando pontes térmicas);
- Nas vertentes a Sotavento protegidas ao vento), onde escasseiam os níveis de precipitação, os edifícios deverão proteger-se contra os ventos secos e quentes de verão. A ventilação privilegiada a utilizar poderá ser realizada através da ventilação do solo ou ventilação por evaporação de mosaicos de água existentes ou criados. No Inverno, a sua localização apontará para fortes necessidades de aquecimento, pelo que se recomenda uma elevada inércia térmica nos edifícios de modo a atenuar os picos de frio, constituindo esta uma solução válida para ambas as estações extremas;
- No cume de uma montanha, os edifícios, e respectiva envolvente, serão alvo de uma intensidade máxima do vento, tanto mais acentuada quanto mais íngreme se caracterizar a sua forma. Nestas situações a prioridade de orientação é evitar a direcção predominante dos ventos. As soluções de ventilação cruzada poderão revelar-se inoportunas.

As diferenças altimétricas não interferem somente em termos de ventilação, sendo que a radiação solar directa também aumenta com a altitude. Para o estudo das condições solares, outros factores naturais, como, por exemplo, o declive e a orientação das vertentes assumem uma importância preponderante.

O declive constitui o ângulo de inclinação de um terreno, enquanto que a orientação de uma vertente é entendida como a direcção para a qual a inclinação se encontra virada. A Tabela 6 apresenta alguns aspectos importantes acerca do comportamento da radiação solar, que é influenciada pela morfologia do terreno.

Tabela 6: Comportamento da radiação solar influenciada pela morfologia (fonte: Carvalho, 2006)

Comportamento da radiação solar

- No Inverno, a exposição que recebe sempre maior radiação total, independentemente, do declive é a exposição sul.
- A exposição norte é aquela que adquire a maior quantidade de Kcal/m², quer no Verão, quer no Inverno, para qualquer que seja o declive do terreno.
- Nalgumas inclinações durante o Verão, a exposição sul não é máxima, sendo substituída pelas exposições voltadas a SE e SW, nomeadamente, quando:
 - o declive é de 10°, estas exposições atingem os 100% de radiação total
 - o declive é de 20°, revelando estas exposições um total de 98% de radiação total, valor igual aquele que se verifica na exposição sul
 - o declive é de 30°, alcançando estas exposições o valor recorde de 93% de radiação total
 - o declive é de 40°, superfícies capazes de acolher 83% de radiação solar total
- O total de radiação total em superfícies planas varia em função do momento do ano, com máximos alcançados no Verão, uma vez que tal estudo foi realizado no Hemisfério Norte.
- Em terrenos que apresentem declives de 10° o total de radiação, no Inverno, é máximo na exposição sul (32%) e mínimo na exposição a norte (16%). No solstício de Junho, o valor máximo verifica-se nas exposições viradas a SE ou SW, enquanto o valor mais reduzido pode ser encontrado na exposição virada a norte (96%).
- Em áreas de declives com 20°, a exposição a sul mostra uma posição de privilégio na recepção de radiação total, alcançando 40% de radiação, em oposição, aos escassos 8% de radiação que se verifica nas exposições a norte, no solstício de Dezembro.

Outro aspecto relevante é a existência de água (Figura 14). A água cria microclimas, traz frescura e humidade ao ambiente, amenizando as temperaturas, quer de Verão quer de Inverno (Almeida & Silva, 2009). Perante isto, a água é outro elemento que também precisa de ser considerado na fase de planeamento de um edifício.

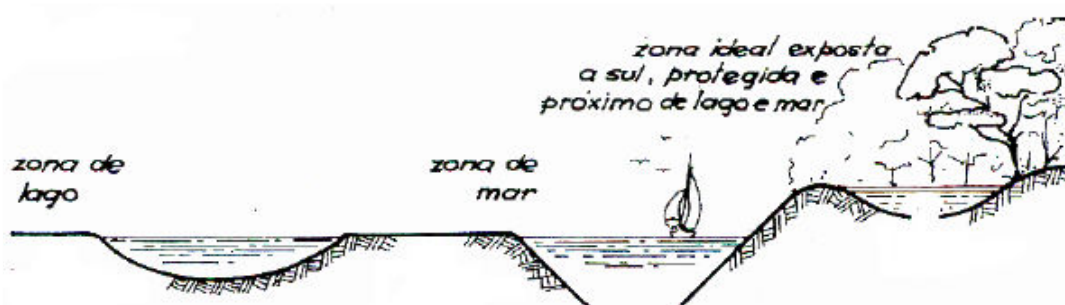


Figura 14: Influência da água (fonte: Moita, 1987)

Na fase inicial de projecto deverá ser realizado um inventário acerca dos recursos do local de implantação, para dar as necessárias orientações às equipas de projecto de modo a que estas possam maximizar a eficiência de um edifício, e ao mesmo tempo, preservar os recursos ecológicos e culturais. A título de exemplo, apresentam-se algumas estratégias que devem ser seguidas pelas equipas de projecto:





- Inventariar os recursos naturais. Isto permitirá que a equipa de projecto possa compreender melhor e responder às condições do local, sendo que este inventário deve incluir:
 - Características relevantes sobre o clima local;
 - Qualidade do ar existente e padrões do nível de vento;
 - Inventário da vegetação existente e das áreas protegidas e identificação de quaisquer espécies ameaçadas ou habitats importantes;
 - Mapeamento das zonas de risco natural, como, por exemplo, a exposição a ventos fortes, a tempestades, inundações, solos instáveis, etc.
- Pesquisar as características topográficas, o tipo de vegetação e os recursos hídricos existentes, para entender melhor os problemas de acesso e distribuição de água.
- Inventariar o contexto histórico da comunidade onde se vai inserir a construção, a fim de responder eficazmente às questões culturais. Este aspecto deverá incluir:
 - Rever os recursos culturais da região;
 - Examinar o(s) estilo(s) arquitectónico(s) presente(s) na zona e considerar a utilização de estilos históricos ou materiais tradicionais como meio de integrar o edifício na área envolvente;
 - Analisar as características culturais e as actividades do bairro e identificar possíveis conexões com o projecto.

Após o reconhecimento das condições naturais do local deverá ser estudada a relação do edifício com o local, já que o edifício deve ser entendido como um todo, devendo ser projectado para minimizar os impactes ambientais na sua envolvente e maximizar as oportunidades de utilizar/reutilizar os sistemas naturais. Torna-se então necessário encontrar um equilíbrio entre estes dois elementos, sendo fundamental analisar os factores que afectam a sua relação.

São diversos os factores que afectam o comportamento dos edifícios, pelo que nesta parte do manual apenas se dará ênfase aos elementos que não dependem directamente da equipa de projecto. Os restantes aspectos serão desenvolvidos ao longo do presente trabalho de investigação.

Na maioria dos projectos, a escolha de certos aspectos, tal como a selecção do local de implantação, são anteriores à designação e contratação da equipa de projecto. Contudo, irão ser analisados em detalhe o modo como estes factores afectam o desempenho dos edifícios, apresentando algumas estratégias, que devem ser consideradas e incorporadas na concepção dos edifícios.

Os principais factores que afectam a relação de um edifício com o local envolvente, são:

- Densidade e uso do solo;
- Disposição dos arruamentos, local de implantação e dimensões.

A densidade pode ser entendida como a relação entre a área de edifícios construídos e a área total onde os mesmos se encontram instalados (Carvalho, 2006). A densidade é um factor que deve ser considerado, pois a maior ou menor densidade de um local poderá influenciar uma variedade de questões. A título de exemplo, é de referir que os locais de maior densidade tenderão a apresentar menor capacidade de ventilação natural, como também revelarão menor propensão para a captação de ganhos solares.

Numa zona com clima quente e seco, o edifício deverá ter uma forma compacta de modo a permitir uma exposição mínima das superfícies à radiação solar, assim como minimizar a ventilação. Não será portanto de estranhar, que neste tipo de construção haja um esforço para reduzir as distâncias, atendendo às condições térmicas que a população tem de enfrentar para satisfazer as suas necessidades do quotidiano. Por oposição, para zonas com clima quente e húmido as recomendações passam pela criação de formas abertas e sombreadas, devendo a



forma ser mais larga do que comprida para que possa ser aproveitada ao máximo a ventilação (Carvalho, 2006).

Após estar definido o local que reúne as condições climáticas, é também necessário ter em consideração a organização das edificações, de modo a permitir a incidência de radiação solar em todas as fachadas, o que em cidades muito densas se torna complicado, dada a proximidade dos edifícios. A Figura 15 mostra algumas considerações a ter no planeamento urbano.

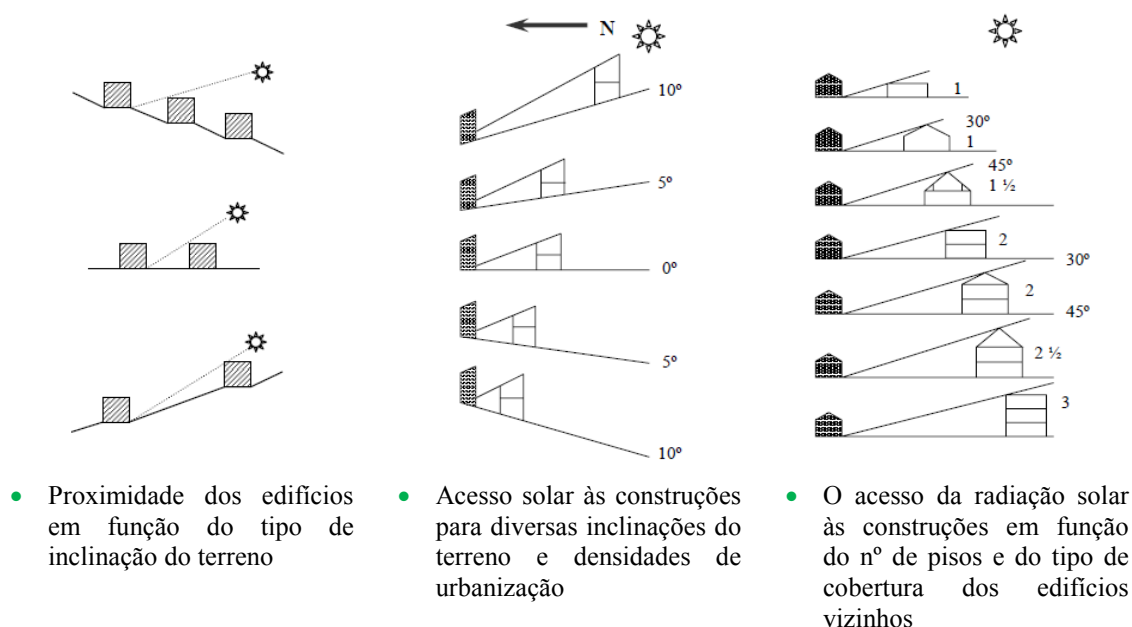


Figura 15: Densidade de urbanização (fonte: Almeida & Silva, 2009)

O afastamento entre edifícios é também um factor importante no planeamento urbano, sendo definido em função da altura solar, da altura dos edifícios e da inclinação do terreno.

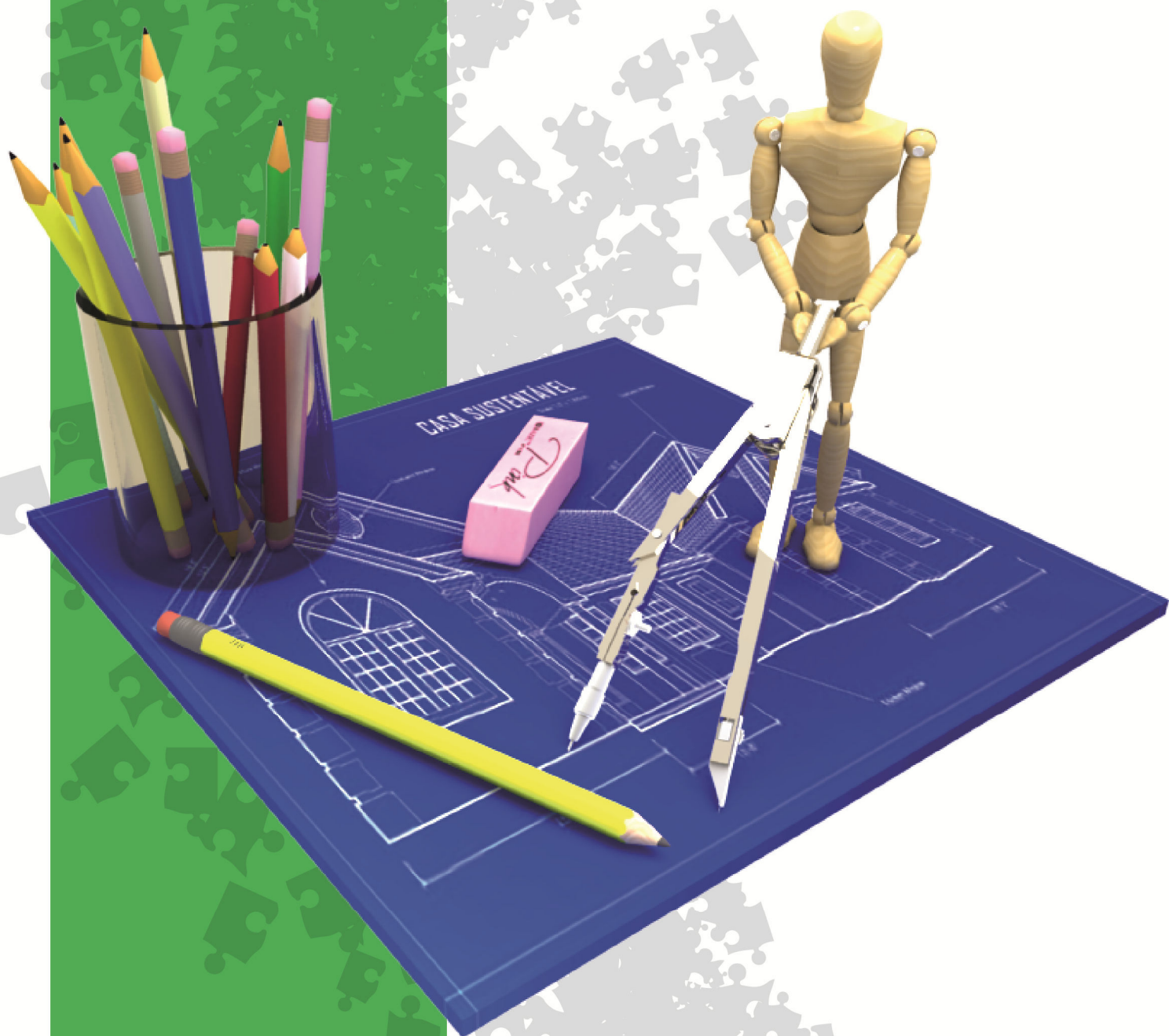
Pelos factores acima expostos, é possível compreender que quanto maior a largura do edifício e menor o ângulo formado entre o edifício e a altura do sol, maiores serão os valores de radiação directa alcançada, ou seja, o nível de obstrução solar será menor. Contudo, existem ligeiras diferenças de radiação resultantes da variedade de orientações que os edifícios podem assumir.

As opções de maximização e minimização da radiação solar atendendo à disposição dos arruamentos são várias, sendo necessário o conhecimento das necessidades bioclimáticas do local de implantação para que as opções a este nível possam ser as mais ajustadas (Carvalho, 2006).





PROJECTO







CAPÍTULO 4

PROJECTO

4.1. Introdução

Na última década, a indústria da construção tem vindo a passar por uma fase extraordinária de evolução, em que as suas estratégias são aplicadas ao processo de desenho para oferecer uma nova perspectiva sobre os edifícios, excedendo o desempenho das práticas convencionais a diversos níveis.

O projecto que incorpore questões sustentáveis distingue-se pela adequação de cada edifício às suas características climáticas de suporte. A finalidade deste tipo de projecto será a de





proporcionar bem-estar e conforto aos seus ocupantes, através da rentabilização máxima dos recursos naturais disponíveis.

O planeamento sustentável do local identifica características ecológicas, infra-estruturais e culturais que podem auxiliar a equipa de projecto na integração do edifício no seu local de implantação. A intenção primordial será a de diminuir o impacto ambiental da actividade humana, utilizando características naturais do local para aumentar o conforto e bem-estar do ser humano. Deste modo, será importante reflectir sobre como se podem retirar vantagens do planeamento, para se atingir um ambiente construído em harmonia com a envolvente, sendo esta harmonia vital não só para o meio ambiente, mas também para o ser humano.

Após a escolha do local de implantação, o objectivo será organizar toda a informação reunida na fase de ante-projecto, utilizando-a no projecto. Para tal será necessário dotar as equipas com competências e práticas que serão agrupadas em quatro grupos e que seguidamente serão discutidas nas secções seguintes:

- Secção A: Energia
- Secção B: Qualidade ambiental
- Secção C: Água
- Secção D: Materiais/Produtos

Nestas secções serão estudados parâmetros que conjuntamente com as condições do local (aspectos apresentados na fase de ante-projecto), optimizam o desempenho dos edifícios, havendo por isso uma ligação entre estas duas fases.

O edifício construído deve ser visto como um sistema eficiente que minimize o consumo de recursos naturais durante todo o seu ciclo de vida, abordagem esta que toda a equipa deve ponderar desde o início. Será um grande desafio incluir e optimizar todas as estratégias num projecto, mas a cada novo edifício ou reabilitação, o objectivo passa por alcançar níveis mais elevados que na construção tradicional ao nível da eficiência e desempenho.

Nestas secções dar-se-á especial ênfase às medidas que devem ser contempladas no projecto, e que possuem uma forte influencia no desempenho final do edifício. Os benefícios que podem ser obtidos por um edifício que integra um conjunto de soluções mais eficientes, podem ser sentidos ao longo de todo o tempo de vida útil do mesmo.



SECÇÃO A ENERGIA







SECÇÃO A

ENERGIA

A.1. Enquadramento

A energia existe na Natureza em diferentes formas. As fontes de energia dividem-se em dois tipos (EDP, 2008), tal como ilustrado na Figura 16:

- Fontes renováveis ou alternativas – Fontes de energia inesgotáveis ou que podem ser repostas a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana;
- Fontes não renováveis, fósseis ou convencionais – Fontes de energia que se encontram na Natureza em quantidades limitadas e que se esgotam com a sua utilização.



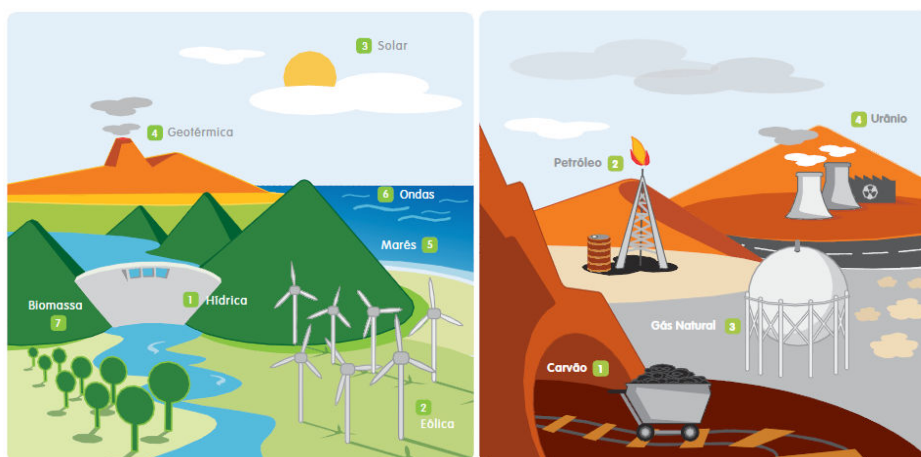


Figura 16: Fontes de energia (fonte: EDP, 2006)

A maior parte da energia consumida nos edifícios encontra-se sobre a forma de electricidade, sendo esta proveniente, na sua maior parte, de fontes de energia não renováveis. Contudo, em Portugal, os dados actuais contrariam este facto, sendo que 60% da electricidade é proveniente de energias renováveis (EDP, 2008). As emissões produzidas por combustíveis fósseis usados para satisfazer as necessidades energéticas a nível global estão a provocar alterações climáticas perigosas no planeta, tendo como consequências, a desertificação, a perda de biodiversidade, entre outras (EnerBuilding, 2008).

Para se alcançar um equilíbrio harmonioso entre o ambiente e as gerações futuras é urgente agir, nomeadamente por (Greenpeace, 2006):

- Motivos éticos e sociais – 28% da população mundial consome 77% de toda a energia produzida, enquanto 72% vive somente com os restantes 23%;
- Motivos estratégicos – Dependência da União Europeia de outros países, na aquisição de combustíveis fósseis, provocando a incerteza da continuidade do fornecimento, dada a instabilidade política existente nos países de origem;
- Motivos económicos – O custo anual da factura energética representa uma parcela significativa das despesas. Torna-se imperativo iniciar uma revolução energética, cujo objectivo estratégico passará por incentivar o uso de fontes de energia renováveis para a produção da energia necessária à subsistência e ao desenvolvimento da população mundial. É um objectivo a ser seguido com determinação, que requer uma forte aposta em políticas energéticas adequadas a nível nacional e internacional.

Nos últimos anos, o aumento do nível de vida das famílias, tem vindo a provocar o aumento das exigências de conforto, o que, conjuntamente com o elevado número de edifícios que foram surgindo nos últimos anos, tem levado ao crescimento exponencial dos consumos energéticos (Gonçalves, 2002). Assim, a utilização racional de energia constitui um dos aspectos mais importantes para reduzir o aumento do consumo energético no sector dos edifícios.

A.2. Problemática da utilização não racional de energia

A energia, antes de ser transformada em calor, frio, movimento ou luz, sofre um percurso de transformação, durante o qual uma parte é desperdiçada e a outra, que chega ao consumidor, nem sempre é devidamente aproveitada (EDP, 2008). A Figura 17 ilustra o ciclo da energia.

Actualmente, tem-se verificado um aumento exponencial do consumo energético sobretudo na exploração dos combustíveis fósseis, em que as suas reservas têm vindo a esgotar a um ritmo acelerado.



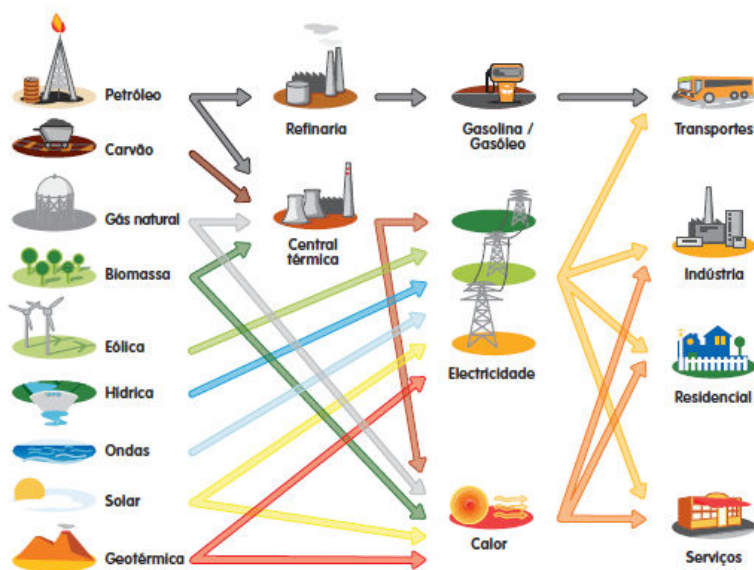


Figura 17: O ciclo da energia (EDP, 2006)

Actualmente, desde os Estados Unidos que consomem, por ano, um quarto de toda a energia produzida no mundo, e ao Canadá, que detém o consumo *per capita* mais elevado, juntam-se agora as potências económicas emergentes, tais como a China e o Brasil, onde o consumo de energia está a aumentar (CE, 2007).

O consumo de energia na União Europeia tem apresentado um crescimento acentuado nos últimos anos, tendo sido esse crescimento na ordem dos 12.6%, entre 1990 e 2004. O sector dos transportes foi o que teve um crescimento mais acentuado, seguindo-se o sector doméstico com um crescimento de 17.5%. Este aumento está associado a melhorias no poder de compra por parte da população em geral, que elevou os padrões de conforto (CE, 2007). Na Figura 18 está demonstrada a repartição do consumo de energia por sector, em 2004.

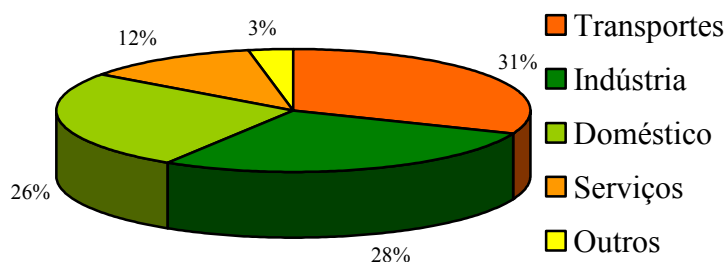


Figura 18: Consumos de energia por sector na UE 25 em 2004 (fonte: EEA, 2007)

Em Portugal, como se pode verificar pela Figura 19, o consumo de energia por sector distribui-se aproximadamente igual às médias da UE.

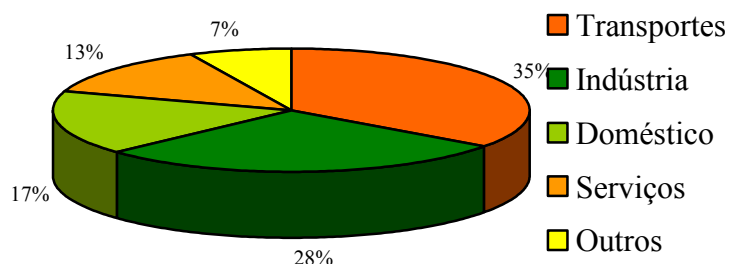


Figura 19: Consumos de energia por sector em Portugal em 2004 (fonte: INE, 2008)



Este aumento no consumo de energia, com repercussão na emissão de gases que contribuem para o aquecimento global, sendo que é traduzido pelo investimento na qualidade e conforto dos edifícios. Outra causa para este aumento reside na enorme multiplicidade de pequenas e grandes ineficiências resultantes, quer dos próprios equipamentos consumidores utilizados no sector, quer da má concepção dos edifícios, quer dos procedimentos e hábitos inadequados na utilização dos mesmos. É necessário ter presente que os edifícios residenciais são utilizados por um universo de mais de 10 milhões de consumidores, existindo assim alguma inércia na adopção de padrões eficientes de consumo de energia devido, não só a razões comportamentais dos consumidores, mas também ao período necessário para a substituição dos equipamentos e progressiva recuperação dos edifícios. Em termos de utilizações finais, os consumos de energia nos edifícios residenciais distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: 50% em cozinhas e águas quentes sanitárias, 25% em aquecimento e arrefecimento e 25% em iluminação e electrodomésticos (Mateus & Bragança, 2006), tal como se apresenta na Figura 20.

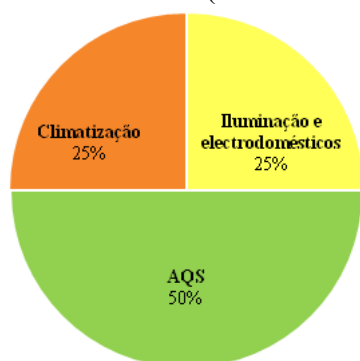


Figura 20: Consumo de energia nos edifícios residenciais (fonte: Mateus & Bragança, 2006)

O aumento do consumo de energia no sector residencial é influenciado por diversos factores, tais como (Mateus & Bragança, 2006):

- O grau de conforto exigido pelos utilizadores e seu comportamento;
- O número de utilizadores;
- Condições climáticas do local onde se encontra implantado o edifício;
- Condutibilidade térmica dos elementos das envolventes do edifício;
- As perdas e ganhos de carga térmica associados à renovação do ar interior;
- Volume da construção (área útil e pé direito médio);
- Orientação da construção;
- Área de envidraçados e sua orientação;
- Condições económicas dos utilizadores;
- Eficiência energética dos equipamentos existentes.

Se na concepção dos edifícios não forem considerados princípios, regras ou normas que promovam a utilização racional de energia, o crescimento na procura de novos equipamentos e as maiores exigências ao nível de conforto térmico, que só poderão ser satisfeitas com maior recurso a equipamentos de climatização, terão como resultado o aumento dos consumos globais do sector e consequentemente do seu impacte ambiental (Mateus & Bragança, 2006).

Esta tendência de crescimento exponencial dos consumos energéticos no sector dos edifícios poderá comprometer o cumprimento das metas do Protocolo de Quioto, aprovado em 1997, o qual foi uma resposta internacional à mitigação das emissões de GEE. Este Protocolo corresponde a um tratado internacional no âmbito do qual os países desenvolvidos se comprometeram a limitar as suas emissões de GEE (Wiegard, 2001). No âmbito deste Protocolo, Portugal comprometeu-se em limitar o aumento de emissões em 27%, relativamente ao ano de referência de 1990, durante o período de 2008 a 2012, ao passo que o Reino Unido assumiu uma redução de 12,5% no mesmo período (CE, 2007). Assim sendo, é urgente tomar medidas, alterando as políticas actuais de desenvolvimento.



A.3. Estratégias e políticas energéticas

Apesar do contexto actual no que respeita ao consumo de energia existem estudos que demonstram que existe um elevado potencial para reduzir esse consumo e respectivos custos associados, assim como a consequente poluição atmosférica (AREAM, 2008).

Assumindo-se como um conceito estratégico, a nível nacional e internacional, a utilização racional de energia nos edifícios pretende diminuir o consumo energético nas suas diferentes utilizações, bem como os respectivos custos, o que implica sensibilizar as populações ao nível de alterações comportamentais, assim como a adopção de medidas e acções, tendo em vista a poupança energética.

O Programa Nacional para a Eficiência Energética nos Edifícios, da responsabilidade da DGEG, conseguiu que através da aplicação da directiva europeia 2002/91/CE, fossem revistos os antigos regulamentos acerca da matéria, nomeadamente:

- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) – Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril
- Regulamento das Características de Comportamento Térmico do Edifícios (RCCTE) – Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril

Saliente-se que este programa foi deveras importante, contribuindo para a implementação do Sistema de Certificação Energética de Edifícios.

Na Europa, a partir de 1990, assistiu-se a uma melhoria da eficiência energética das habitações, pelo facto de alguns países da União Europeia terem implementado fortes medidas de eficiência energética, nomeadamente a obrigatoriedade das habitações possuírem boas condições de isolamento. Esta melhoria resultou numa diminuição de 24% no consumo de energia em habitações construídas em 2002, relativamente às construídas antes de 1990 (Balaras, 2005).

Assim, é pertinente aqui referir algumas das acções tecnológicas/arquitectónicas para a redução do consumo de energia:

- Isolamento da envolvente dos edifícios;
- Substituição de tecnologias de climatização por outras mais eficientes;
- Opção por sistemas e equipamentos de iluminação e AQS eficientes;
- Arquitectura bioclimática.

A.3.1. Regulamentação em vigor

Foi a partir de 1979, após a primeira grande crise petrolífera, que os governos promoveram intensamente a conservação energética. Em 1997 ratificou-se o Protocolo de Quioto, cuja essência é estabelecer compromissos entre os estados signatários, principalmente os mais desenvolvidos, para a redução da emissão de gases, responsáveis pelo efeito de estufa do planeta. Segundo a calendarização proposta, os países são obrigados, entre outras medidas, a reduzir pelo menos em 5,2% as emissões de gases de efeito de estufa, até 2012, relativamente à percentagem de 1990.

Em Janeiro de 2003 foi publicada a Directiva Comunitária 2002/91/CE, aplicável a todos os estados membros, visando aumentar a eficiência energética dos edifícios, reduzir a dependência externa da UE e as emissões de GEE.

No início de 2007 surgiu uma nova política de energia assente em dois parâmetros: política de energia para a Europa e no Livro Verde. Pretendeu-se assim adoptar medidas correctivas





climáticas até 2020 e apostar no desenvolvimento sustentável, sendo que o Livro Verde serve para proceder à auscultação pública, tendo em vista a implementação de medidas energéticas.

Em Portugal, só em 1990 é publicado o Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de Fevereiro, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). O Decreto-Lei nº 119/98, de 7 de Maio, aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE). Estes dois regulamentos foram depois revistos.

A Resolução do Conselho de Ministros (RCM 169/2005), de 24 de Outubro, veio definir a política energética do país, visando para além do aumento da eficiência energética, maior utilização de fontes das energias renováveis e a diminuição de gases poluentes. Saliente-se que terá sido a Resolução acima mencionada, que assumiu a transposição para o panorama legislativo nacional da Directiva Comunitária 2002/91/CE acerca da eficiência energética dos edifícios. Em resultado foram publicados três Decretos-Lei (nº 78/2006; nº 79/2006; nº 80/2006), tendo dois deles revogado a legislação em vigor sobre a matéria (ADENE, 2007).

O **Decreto – Lei nº 78/2006** de 4 de Abril, aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), tendo como objectivos:

- Fazer respeitar os regulamentos no que concerne à eficiência energética, utilização de energias renováveis e qualidade do ar interior, conforme estipulava o RCCTE e o RSECE;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar no interior dos edifícios;
- Identificar medidas correctivas/melhoria, relativamente ao desempenho energético e qualidade do ar no interior dos edifícios.

O **Decreto-Lei nº 79/2006** de 4 de Abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), revogando o Decreto-Lei nº 119/98, de 7 de Maio. Este regulamento pretende estipular:

- As condições a observar no projecto dos novos sistemas de climatização;
- Os limites máximos de consumo de energia, assim como os limites de potência, relativamente aos sistemas de climatização dos edifícios;
- Os requisitos a que têm de obedecer os sistemas de climatização, no que respeita à concepção, instalação, manutenção, utilização, assim como os materiais e tecnologia relativamente aos sistemas energéticos dos edifícios, tendo em vista a sustentabilidade ambiental;
- Monitorização/inspecção do funcionamento dos edifícios, relativamente ao consumo de energia/qualidade do ar interior.

O **Decreto-Lei nº80/2006** de 4 de Abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), revogando o Decreto-Lei nº40/90, de 6 de Fevereiro, e estipulando regras a serem observadas nos projectos de edifícios sem sistemas de climatização.

A 22 de Fevereiro de 2008 foi lançado o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), contendo 12 programas que abrangem os seguintes sectores: doméstico, serviços, indústria, transportes, mobilidade urbana e construção, sendo de realçar a linha de crédito bonificado criada para investimentos em medidas de eficiência energética, no sector residencial e as medidas de promoção de Água Quente Solar nos edifícios (RCM, 2005).

A Directiva Comunitária (92/75/CEE), assim como as outras directivas subsequentes de acordo com a diferentes famílias de equipamentos, assume-se como um instrumento de política energética, consagrando a etiquetagem energética de equipamentos domésticos, com o intuito de informar os consumidores acerca dos respectivos desempenhos energéticos. A etiquetagem energética torna possível a comparação entre os diferentes modelos de electrodomésticos,



ajudando os consumidores a fazer uma escolha consciente e assertiva, que se reflectirá na diminuição dos consumos eléctricos e, por conseguinte contribuirá para a preservação do meio ambiente.

A etiquetagem acima mencionada, baseia-se em categorias pré-definidas, de A⁺ a G (do melhor para o pior índice de eficiência energética). Os dados apostos na etiqueta são da responsabilidade do fabricante e a sua colocação de quem os comercializa. Saliente-se que as etiquetas energéticas são de afixação obrigatória em todos os equipamentos abrangidos, desde que estejam expostos ao público (Figura 21).

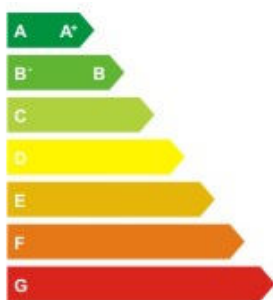


Figura 21: Classificação da eficiência energética dos equipamentos (fonte: ADENE, 2007)

Portugal, como membro da União Europeia, apresenta uma estratégia nacional em concordância com a Comunidade. Contudo, existe uma nova Estratégia para a Energia na EU (**reformulação da Directiva 2002/91/CE**), a qual deriva e beneficia das lições que foram aprendidas com o Plano de Acção para a Energia de 2007, representando, até 2020, um enquadramento político estável, em linha com a Estratégia Europa 2020 e articulado com a visão a longo prazo para 2050, no sentido de preparar a transição para uma economia de baixo carbono.

As principais motivações para a reformulação da Directiva 2002/91/CE centra-se no facto de alguns Estados Membros implementarem a EPBD com objectivos pouco ambiciosos, e outros Estados Membros não completarem a implementação da EPBD. Assim sendo, a Comunidade Europeia, pretende que os EM estabeleçam metas mais restritivas, convergindo em direcção aos objectivos de requisitos implementados pelos EM mais ambiciosos.

Porém, o Re-cast da EPBD, dá um novo fôlego ao desafio da “eficiência energética”, mas coloca grandes desafios aos Estados Membros (ADENE, 2010), como por exemplo, a aplicação medidas a um parque edificado mais abrangente, sendo que todos os novos edifícios terão de ser “Near Zero Energy Building” a partir de 2020 e coloca metas e planos ambiciosos para recuperação do parque edificado existente para “Near Zero Energy Building” em 2020.

A revisão da Directiva 2002/91/CE trará novos aspectos e objectivos, tais como:

- A Directiva cobrirá todos os edifícios independentemente do seu tamanho;
- Todos os novos edifícios deverão ser “edifícios com necessidades quase nulas de energia” no final de 2020 (no sector público isso deverá acontecer no final de 2018). As restantes necessidades de energia deverão ser cobertas por fontes de energia renováveis;
- Requisitos mínimos de desempenho energético para todos os edifícios existentes que sofram qualquer renovação energética relevante (para grandes renovações ao nível do edifício, mas também ao nível dos sistemas para casos de substituição, reabilitação e substituição de partes da envolvente);
- Níveis de requisitos mínimos de desempenho energético para novos edifícios (até 2020) e renovações: avaliação comparativa para atingir níveis de rentabilidade óptima;
- Apresentação dos certificados de desempenho energético em edifícios públicos (diminuição do limite para 500m² e 250 m² depois de cinco anos);



- Reforço do papel e qualidade dos certificados de desempenho energético, nomeadamente através de fiscalizações de qualidade e da obrigatoriedade do uso do indicador de desempenho em todos os anúncios de venda ou arrendamento;
- Estimulação dos mecanismos financeiros para investimentos ao nível da eficiência energética no sector dos edifícios;
- Papel exemplar das autoridades públicas.

Com a revisão da Directiva, a CE prevê a redução de 6% no consumo total de energia da EU e a redução de 5% nas emissões totais de CO₂ na UE (ADENE, 2010).

A.4. Princípios bioclimáticos e tecnologias energéticas dos edifícios

A ameaça de esgotamento das reservas de combustível fóssil, a pressão dos resultados económicos e as preocupações ambientais levam a encarar a eficiência energética como uma das soluções para equilibrar o modelo de consumo existente e para combater as alterações climáticas. Aprender a utilizar de forma responsável a energia de que se dispõe é garantir um futuro melhor para as gerações vindouras, mas para tal é preciso alterar atitudes e consciências em relação ao consumo de energia, reflectindo-a nos gestos do quotidiano (EDP, 2008).

A Comissão Europeia reconhece que o maior obstáculo à eficiência energética é a falta de informação sobre os custos e a disponibilidade de novas tecnologias, sendo de referir: os custos do próprio consumo de energia; a falta de formação dos técnicos; a manutenção adequada dos equipamentos; e o facto de os consumidores não tomarem atitudes que levem à redução do consumo energético. As decisões em matéria de investimento também podem ser influenciadas pelo problema da divergência de incentivos. Os obstáculos técnicos, como a falta de normalização dos equipamentos e componentes que consomem energia, podem também tornar mais difícil um rápido impacto no mercado por parte das novas tecnologias eficientes do ponto de vista energético (CE, 2007).

Deste modo serão apresentadas linhas de orientação onde as equipas de projecto se poderão apoiar para uma escolha mais adequada. Nesta secção do capítulo apresentar-se-á:

- Uma descrição geral das tecnologias e sistemas existentes que podem levar a uma melhoria da eficiência energética dos edifícios;
- Sugestões de carácter prático para poupar energia;
- Pistas no sentido de entender quais os custos futuros da energia no edifício.

A.4.1. Factores associados aos edifícios

As características arquitectónicas e construtivas dos edifícios apresentam uma influência determinante nas condições de conforto interior, sendo que um edifício projectado e construído sem considerar as condições climáticas do local de implantação não poderá ser considerado um edifício eficiente na utilização da energia para proporcionar conforto aos seus utilizadores (EnerBuilding, 2008).

Tendo já sido abordadas estas questões relacionadas com o clima do local, nesta subsecção dar-se-á ênfase a questões que dependem directamente da equipa de projecto.

Será possível projectar e construir edifícios tirando o maior partido da trajectória do sol, tendo também em conta toda a envolvência climatérica e características ambientais do local em que o mesmo se insere. A este processo denomina-se de arquitectura bioclimática, que se fundamenta na adequação e utilização positiva das condições do meio ambiente e dos materiais (Carvalho, 2006).



Deste modo, nas características exteriores dos edifícios será importante ter uma ideia de como os edifícios reagem às condições externas e para tal será necessário analisar dois factores: a forma e configuração dos edifícios e, sobretudo, a sua orientação.

A.4.1.1. Forma e configuração dos edifícios

A forma de um edifício tem um forte impacto na eficiência energética do mesmo, sendo que esta condiciona a envolvente exterior do edifício, na qual ocorrem trocas térmicas, tornando-se assim um factor importante a ter em conta na concepção de um edifício (Almeida & Silva, 2009).

De modo a clarificar este aspecto, será necessário primeiramente ter noção que quanto mais compacto for o edifício, ou seja quanto menor for o factor de forma¹, menor será a área de paredes e coberturas expostas ao clima exterior, para o mesmo volume, e assim as trocas de calor entre o interior e o exterior do edifício serão reduzidas. Assim, para um mesmo volume de espaço interior podem existir formas diversas, apresentando comportamentos térmicos e visuais distintos.

A forma e configuração dos edifícios são uma importante variável arquitectónica para as condições de conforto ambiental e, consequentemente, para o desempenho energético do edifício.

A questão da forma e configuração de um edifício não dispensa algumas considerações, devendo por isso ser estudada. Para necessidades preponderantes de aquecimento, a equipa deverá maximizar os ganhos solares e minimizar as perdas de calor através da envolvente. Esta situação é possível através da:

- Maximização da área disponível para a captação de ganhos solares e minimização da restante área dos elementos da envolvente exterior;
- Redução do factor de forma, criando edifícios compactos, com o mínimo de reentrâncias e saliências, o que corresponde a minimizar a superfície exterior.

A Figura 22 demonstra que para uma determinada área de pavimento, as necessidades energéticas de um apartamento são menores do que as de um edifício em bando, sendo que as destes são menores do que as de uma habitação geminada, e por sua vez as necessidades energéticas destas são menores do que as habitações isoladas.

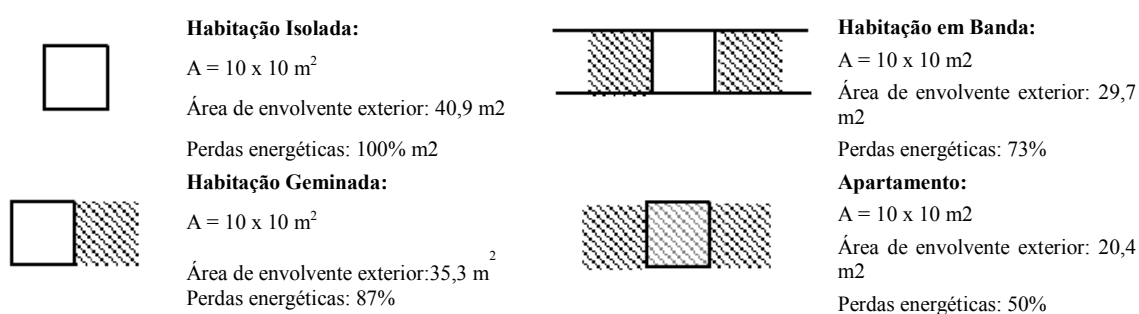


Figura 22: Perdas térmicas para diferentes tipos de habitação (fonte: Almeida & Silva, 2009)

As perdas térmicas de um edifício são directamente proporcionais ao factor de forma, diminuindo com o aumento do volume do edifício, e assim sendo, para diferentes formas de igual volume, os balanços térmicos são diferentes, tal como se apresenta na Figura 23.

¹ O quociente entre a área da envolvente exterior e o volume (RCCTE).

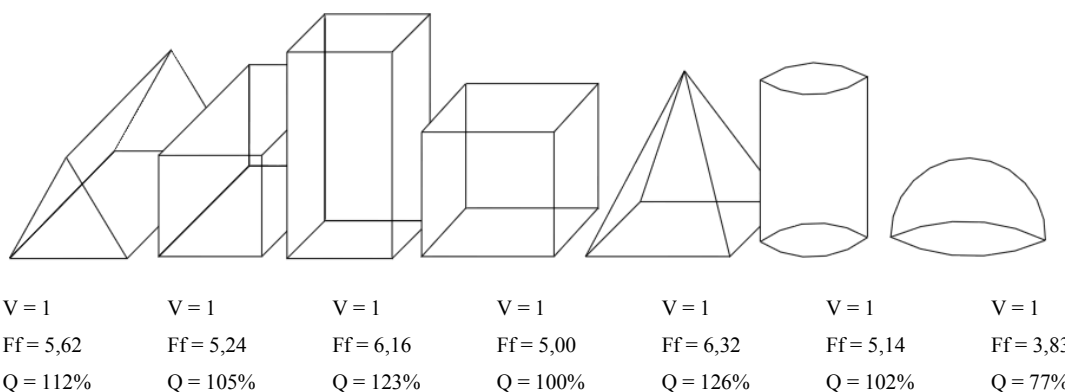


Figura 23: Variação das perdas térmicas para diferentes tipos de formas com igual volume (fonte: Almeida & Silva, 2009)

Porém, se as necessidades são de arrefecimento, com um factor de forma do edificio reduzido, ou seja uma área menor de envolvente para um dado volume, obter-se-á uma menor área disponível para as trocas de calor com o exterior.

A forma e configuração de um edificio são aspectos que devem ser previstos neste processo complexo, tendo em consideração outros aspectos tais como, aspectos técnicos, funcionais e estéticos, que também contribuem para tal. Se um edificio for projectado com a forma e orientação correcta o seu consumo de energia pode ser reduzido em 30 a 40%, mas para tal será também necessário conciliar estes aspectos com a utilização de estratégias solares passivas, para aquecimento, arrefecimento e iluminação natural, que devem ser introduzidos na fase inicial do projecto (Almeida & Silva, 2009).

A disponibilidade e direcção da radiação solar, o vento, a qualidade do ar e as condições acústicas são também aspectos que irão influenciar a relação entre o edificio e o ambiente que o rodeia e, consequentemente, afectar a sua forma. A complexidade das formas arquitectónicas aliada às diversidades climáticas existentes, tornam inevitável a necessidade de simulação arquitectónica, dando assim a possibilidade das equipas obterem uma ideia real do comportamento térmico e da eficiência energética de uma futura construção.

A.4.1.2. Orientação e captação de energia solar

O sol é uma fonte de luz que pode e deve ser aproveitada numa edificação, mas para tal a orientação da mesma deverá ser optimizada, tendo sempre em conta que este factor influencia outras variáveis relacionadas com o comportamento microclimático de um edificio.

Factores como a captação da radiação solar nos períodos em que existe uma maior necessidade de energia (Inverno) e a necessidade de ter a menor superfície possível exposta à luz solar quando existe a necessidade de dissipar o calor, determinam o grau de conforto oferecido pelo edificio aos seus ocupantes e os consequentes consumos de energia (EnerBuilding, 2008). O clima determina efectivamente a escolha da orientação do edificio, estando estes dois factores sempre interligados.

A equipa de projecto deverá atender a alguns aspectos de modo a obter uma correcta orientação do edificio, sem porém esquecer a influencia dos microclimas e da radiação solar no aumento das poupanças de energia. Deste modo, a equipa de projecto deverá orientar a fachada maior do edificio a sul, de modo a maximizar os possíveis ganhos solares. Os envidraçados devem ser colocados na fachada sul, pois recebem maior quantidade de radiação de inverno, quando existem necessidades de aquecimento, enquanto que um envidraçado orientado a norte não recebe radiação durante o inverno, e durante o Verão a quantidade de radiação recebida é pouco significativa. Por outro lado, os envidraçados orientados a Este e a Oeste recebem muita mais radiação de Verão do que de Inverno.



Um edifício mal orientado não só é mais frio no inverno, como também é mais quente no verão, enquanto que um outro bem orientado consegue, com recurso a protecções solares adequadas no verão, anular a radiação na fachada sul, o que dificilmente se consegue nas outras fachadas (Almeida & Silva, 2009), tal como se pode verificar na Figura 24.

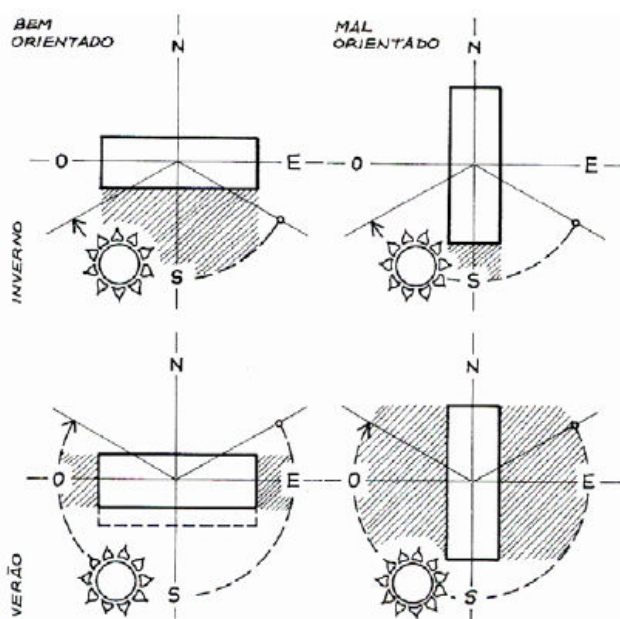


Figura 24: Representação esquemática da radiação solar incidente nas fachadas de um edifício no inverno e no verão (fonte: Moita, 1987)

A.4.2. Factores associados à envolvente da construção

A envolvente de um edifício é considerada a capa que protege o ambiente interior das variações climáticas exteriores, permitindo a entrada de luz e ar, conservando o calor e a frescura. Este elemento deverá garantir a inércia térmica, conferir protecção acústica e proteger o ambiente, para além de dever dar garantias de segurança e privacidade (Almeida & Silva, 2009).

A envolvente tem um impacto profundo no desempenho energético de um edifício, pois um edifício bem projectado poderá reduzir os custos energéticos até 50%, e melhorar também o conforto dos seus ocupantes (Robinson, 2000).

Ao projectar-se a envolvente de um edifício, a escolha dos materiais é um factor influenciador das condições de conforto no seu interior, sendo as suas características principais a inércia térmica e o seu nível de isolamento. Existem ainda outros factores que também devem ser considerados na projecção da envolvente, tais como, a área e orientação dos envidraçados, o potencial da ventilação natural, a cor do edifício, entre outros.

A concepção de um edifício tendo em consideração a melhoria da envolvente pode por vezes ter um custo superior, mas esse aumento será compensado com a poupança energética. Assim e a este nível será necessário definir regras para conceber uma envolvente adequada, através de aspectos e factores que serão abordados de seguida.

De modo, a compreender a importância desta questão, é apresentada a Figura 25 onde são demonstradas as perdas térmicas através da envolvente e qual o contributo de cada elemento.



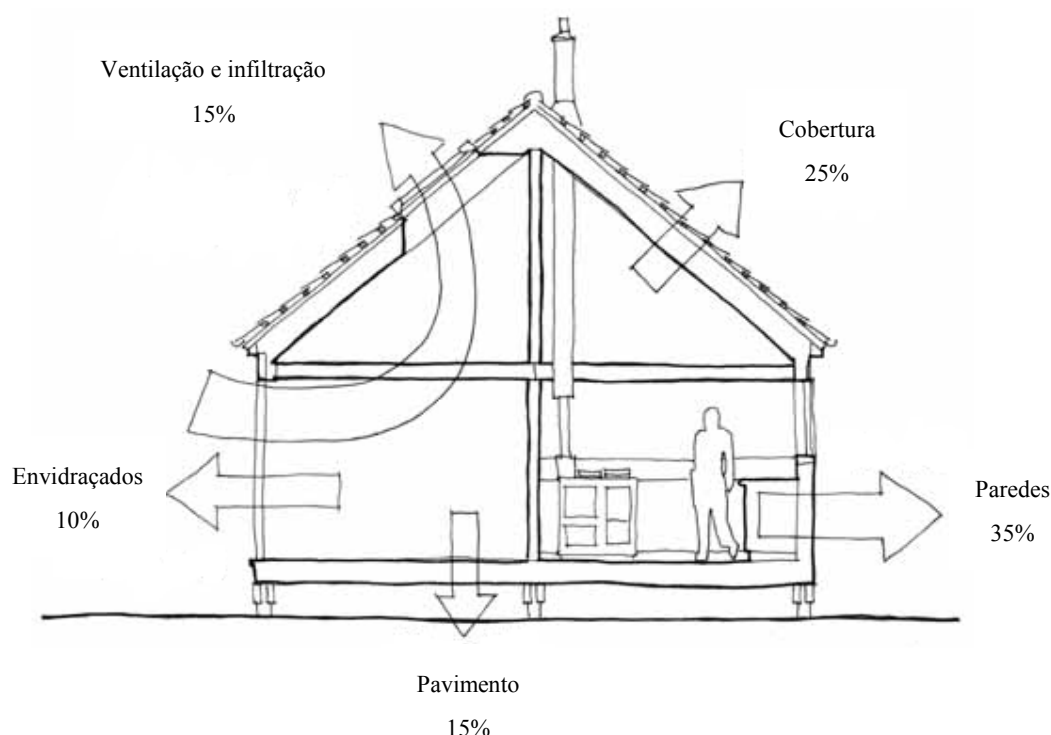


Figura 25: Perdas térmicas através da envolvente (fonte: Jewson, 2011)

A.4.2.1. Paredes

O isolamento da envolvente do edifício proporciona poupanças ao nível dos custos de aquecimento e arrefecimento, ou seja, permite poupar energia durante a sua utilização. Para tal, a escolha dos materiais e técnicas de isolamento são de vital importância, sendo as propriedades dos materiais escolhidos que condicionam a relação entre a temperatura média (e a sua variação) e a da temperatura exterior correspondente. A escolha do isolamento depende do clima da zona, do grau de isolamento pretendido e das restrições da área visada (EnerBuilding, 2008).

O isolamento térmico é geralmente composto por materiais porosos e de baixa densidade como o EPS (Poliestireno Expandido), XPS (Poliestireno Extrudido), a PUR (espuma de Poliuretano), o ICB (Aglomerado de Cortiça) e a MW (Lã Mineral). Estes podem ser utilizados sob a forma de espuma, material a granel, placas compactas, mantas ou placas de feltro. A Figura 26 apresenta uma das possíveis alternativas sustentáveis e naturais, o isolamento com lã de ovelha.



Figura 26: Isolamento de lã de ovelha e a sua aplicação numa parede (fonte: Jewson, 2011)

Existem três formas de colocação da camada de isolamento térmico em paredes, sendo elas: i) pelo interior; ii) pelo exterior; iii) ou na caixa de ar. De seguida aborda-se, de forma sucinta, cada uma das três formas de isolamento.



i) Isolamento pelo interior

Nesta forma de isolamento, o material com maior resistência térmica é colocado pelo interior, tal como apresentado na Figura 27.

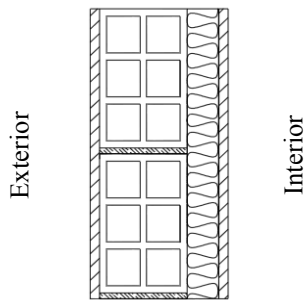


Figura 27: Exemplo de uma parede com isolamento pelo interior (fonte: Almeida & Silva, 2009)

Uma vez que os elementos exteriores não apresentam inércia térmica é necessário que esta seja garantida noutras partes, em quantidade suficiente, para evitar grandes flutuações da temperatura interior. Neste tipo de paredes o problema das pontes térmicas e da ocorrência de condensações são importantes.

Este tipo de aplicação do isolamento é adequado para espaços ocupados apenas ocasionalmente ou então aquecidos de forma intermitente, uma vez que as condições de conforto são atingidas com relativa facilidade, reduzindo-se o tempo de resposta e a quantidade de energia necessária para no compartimento se atingirem níveis de conforto aceitáveis (Almeida & Silva, 2009).

ii) Isolamento pelo exterior

Nesta forma de isolamento, o material com maior resistência térmica é colocado pelo exterior, tal como apresentado na Figura 28.

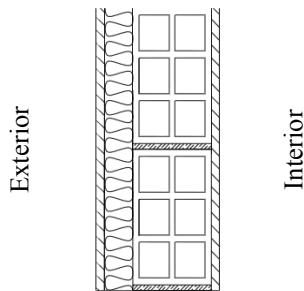


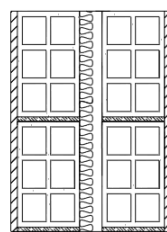
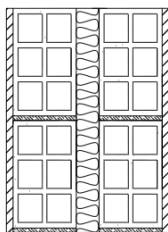
Figura 28: Exemplo de uma parede com isolamento pelo exterior (fonte: Almeida & Silva, 2009)

Esta forma de isolar proporciona vantagens significativas em termos de capacidade de aquecimento do edifício, uma vez que o isolamento externo é ininterrupto, logo as pontes térmicas são eliminadas quase totalmente. Assim, a eliminação das pontes térmicas proporcionará um ambiente mais confortável, uma melhor conservação do edifício e um menor consumo de energia (EnerBuilding, 2008).

iii) Isolamento colocado na caixa de ar

Nesta forma de isolamento, o material com maior resistência térmica é colocado no interior da caixa de ar, tal como apresentado na Figura 29.





Isolamento preenchendo totalmente a caixa de ar Isolamento preenchendo parcialmente a caixa de ar
Figura 29: Exemplo de uma parede com isolamento na caixa de ar (fonte: Almeida & Silva, 2009)

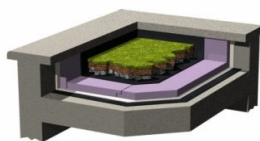
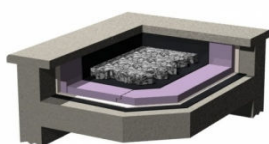
Numa parede com uma caixa de ar adequada, esta poderá ser preenchida com isolamento térmico mediante a perfuração da parede e injeção do material isolante para o seu interior. A operação tem baixos custos e proporciona um isolamento eficaz.

Esta aplicação do isolamento é adequado para climas não muito rigorosos e pouco chuvosos, uma vez que em climas muito chuvosos podem surgir problemas com a humidade retida pelo pano exterior que tende a difundir-se para a caixa de ar, que caso não seja ventilada torna difícil a eliminação da humidade (Almeida & Silva, 2009).

A.4.2.2. Coberturas

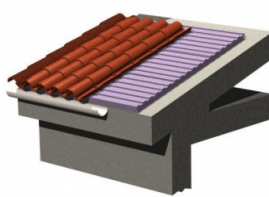
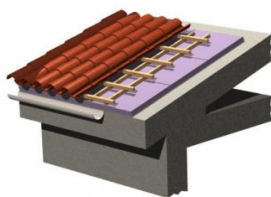
As coberturas são as superfícies da envolvente que mais contribuem para as perdas de calor num edifício, pelo facto de ser o elemento de construção mais vulnerável às perdas de calor durante a estação de aquecimento (Inverno) e aos ganhos de calor durante a estação de arrefecimento (Verão).

Em coberturas horizontais, a melhor solução é a cobertura invertida. Esta solução permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas. Em coberturas inclinadas, com laje de esteira horizontal e desvão não útil, o isolamento térmico deve ser colocado sobre esta laje. No caso de telhados sem laje de esteira horizontal ou com desvão útil, o isolamento térmico deve ser aplicado sob a estrutura de fixação das telhas. No caso do isolamento pelo interior, o material isolante é colocado sob a estrutura do telhado inclinado (EnerBuilding, 2008). Contudo, o isolamento da cobertura é uma medida prioritária, independentemente do tipo de cobertura escolhida. Na Figura 30 apresentam-se alguns exemplos de aplicações de coberturas.



a) Cobertura invertida não transitável

b) Cobertura invertida ajardinada



c) Cobertura em telha, assente em ripado de madeira

d) Cobertura em telha, assente em ripado executado com argamassa

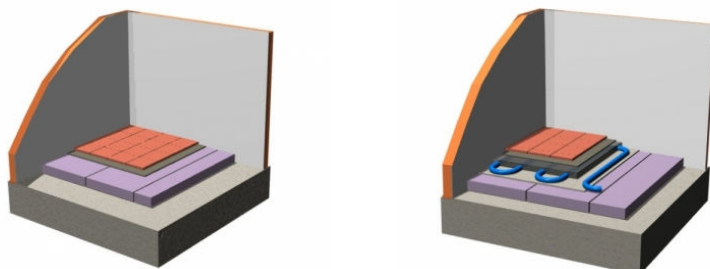
Figura 30: Exemplos de aplicações para coberturas (fonte: EdilTec, 2011)



A.4.2.3. Pavimentos

A intervenção ao nível do isolamento dos pavimentos está relacionada com a sua posição, sendo fundamental quando estes estão em contacto directo com o exterior ou com espaços interiores não aquecidos (Almeida & Silva, 2009).

É aconselhável isolar todo o perímetro do edifício, podendo ser aplicado pelo interior ou pelo exterior da laje do pavimento. Na Figura 31 pode-se visualizar dois tipos de pavimentos.

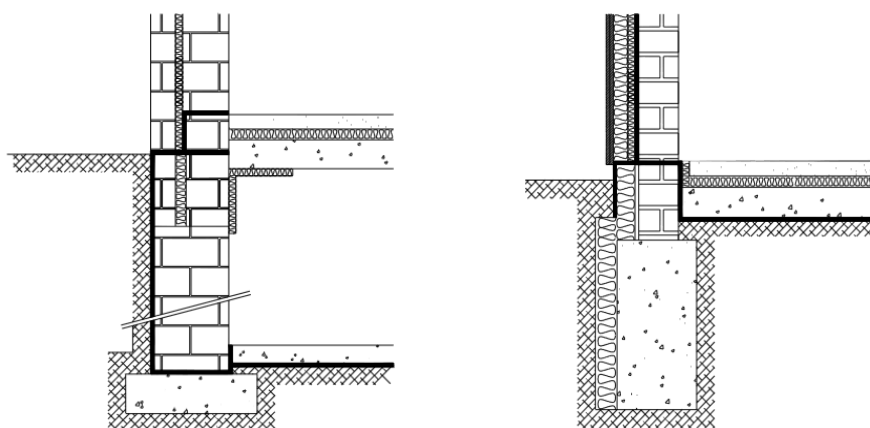


a) Piso com isolamento sob o pavimento b) Pavimento radiante

Figura 31: Exemplos de isolamento em pavimentos (fonte: EdilTec, 2011)

Quando o pavimento se encontra em contacto directo com o terreno, as perdas de calor através do pavimento estão relacionadas com: o comprimento do caminho das perdas de calor da superfície até ao exterior; a capacidade de isolamento do solo, o qual depende da sua natureza; e a quantidade de água presente no solo e a localização do nível freático (Achard & Gicquel, 1987).

O isolamento do solo é drasticamente reduzido se existir um nível freático elevado. O aumento das perdas de calor e a possibilidade de existir um aumento da quantidade de humidade presente nos materiais de isolamento usados em áreas com nível freático elevado deve ser considerado (Almeida & Silva, 2009). Porém, deve existir ainda uma especial atenção aos pormenores de ligação entre paredes e pavimentos, tal como se ilustra na Figura 32, de modo a se evitar as pontes térmicas.



a) Pavimentos sobre espaços não aquecidos b) Pavimentos térreos

Figura 32: Formas de colocar o isolamento para evitar pontes térmicas (fonte: Almeida & Silva, 2009)

A.4.2.4. Envidraçados

Os elementos envidraçados são os elementos de maior interacção entre o interior e o exterior de qualquer edifício, tal como apresentado na Figura 33.

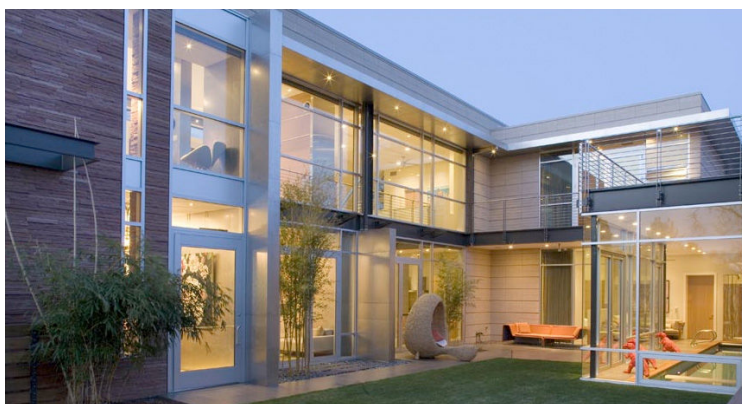


Figura 33: Aproveitamento dos envidraçados num edifício (fonte: Jewson, 2011)

Na complexidade das funções dos envidraçados devem ser consideradas primordiais as questões referentes à iluminação interior, sobretudo o seu considerável contributo para o conforto térmico.

No projecto dos envidraçados deve-se dar primazia à maximização do potencial de iluminação com os inerentes ganhos solares. Considera-se pois que os envidraçados têm uma função primordial no comportamento térmico, não devendo-se, no entanto, dissociar-se da envolvente opaca do edifício. A selecção dos envidraçados requer excepcional rigor tendo em vista potenciar ganhos cada vez mais elevados no comportamento e eficiência térmica. Há que considerar opções, factores e elementos subjacentes à escolha do envidraçados.

Assim, os envidraçados deverão potenciar a iluminação, maximizando os ganhos solares e minimizando as perdas de calor no Inverno, já que a área, a forma e a orientação dos mesmos influencia a temperatura interior dos edifícios.

Estima-se que entre 25 a 30% das necessidades de aquecimento são devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados (CE, 2007), mesmo com vidro duplo ou triplo, estes são, sob o ponto de vista térmico, o ponto mais sensível da envolvente do edifício.

Na avaliação dos envidraçados, os requisitos mais importantes são: a área da superfície envidraçada, o tipo de vidro utilizado e o tipo de caixilharia. Se a orientação do edifício estiver correcta, a superfície envidraçada deverá ser de 40% da superfície total (EnerBuilding, 2008).

Contudo, sendo as perdas térmicas proporcionais à área envidraçada, a sua concepção deve obedecer aos seguintes parâmetros:

- Em regiões com clima muito quente, a área envidraçada dos edifícios para captação solar directa, deverá ser de 10% a 15% da área total do pavimento da zona a aquecer, sendo que em regiões frias a referida área deverá ser de aproximadamente 20%, devendo os envidraçados possuir uma alta resistência térmica;
- Conforme estipula o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), os envidraçados não deverão ser sombreados por elementos dos edifícios, sendo que se tolera a aproximação às janelas quando os elementos de proximidade têm um comprimento inferior a $1/5$ da altura da janela, quando horizontais, e $1/4$ da altura da janela, quando verticais e adjacentes às janelas.



O isolamento térmico de um vão envidraçado está directamente ligado à qualidade do vidro (elemento mais vulgar) e ao tipo de caixilharia utilizado, sendo o seu desempenho avaliado pelo coeficiente global de transferência de calor (U) e pela transmissividade da luz (Almeida & Silva, 2009).

As características térmicas dos envidraçados podem ser melhoradas da seguinte forma (Goulding et al, 1992):

- Adição de várias camadas de envidraçado, potenciando o isolamento através de uma camada de ar entre os vidros, diminuindo assim a transmissividade solar;
- Preenchimento das caixas-de-ar dos envidraçados com um gás pesado (ex. árgon), reduzindo assim as perdas de calor por convecção;
- Colocação de uma película selectiva no vidro, de modo a diminuir as perdas de calor por radiação.

Pode-se combinar as seguintes três técnicas: para se reduzir significativamente a perda de calor entre os panos interior/exterior dos envidraçados (Almeida & Silva, 2009).

- Utilizar vidros com pequenas quantidades de ferro, portadores de uma transmissividade solar maior que o vidro comum;
- Utilizar vidro reflectante para evitar o sobreaquecimento no Verão, apesar de não potenciar os ganhos solares durante o Inverno;
- Utilizar películas poliméricas transparentes em substituição do vidro, com bom desempenho térmico e solar, apesar de possuírem transmissividade solar elevada, não serem tão duráveis como o vidro e serem mais caras.

Na Tabela 7 apresenta-se o coeficiente global de transferência de calor e transmissão de vários tipos de vidro.

Tabela 7: Coeficiente global de transferência de calor e transmissão de vários tipos de vidro (fonte: Goulding et al, 1992)

Tipo de pano	Coeficiente global de transferência de calor	Transmissão de luz (%)	Transmissão solar (%)
Vidro transparente			
simples, 4 mm	6,0	88	83
duplo com ar (4:12:4)	3,0	80	76
duplo com película de baixa emissividade e árgon (4:12:4)	1,5	77	65
triplo com ar (4:12:4:12:4)	2,0	72	67
triplo com película de baixa emissividade e árgon (4:12:4:12:4)	1,2	70	60
duplo com película de baixa emissividade e vácuo	0,5	77	65
Vidro reflectante			
duplo, reflectante médio, com película de baixa emissividade (6:12:6)	1,6	29	39
duplo, bronze, com película de baixa emissividade e árgon na caixa de ar (6:12:6)	1,6	9	13

As caixilharias desempenham também um papel importante na dissipação do calor, sendo que as de alumínio com corte térmico sofrem perdas superiores às de madeira e PVC. Salienta-se ainda que a caixilharia de alumínio sem corte térmico tem uma perda muito superior de energia, podendo ocorrer grandes problemas de condensação (EnerBuilding, 2008). A Tabela 8 apresenta alguns coeficientes de transferência de calor para vários tipos de caixilharia.



Tabela 8: Coeficiente global de transferência de calor de vários tipos de caixilharias (fonte: Lamberts *et al*, 1997)

Tipo de material da caixilharia	Coeficiente global de transferência de calor
madeira: espessura média superior a 80 mm	1,6
madeira: espessura média entre 50 a 80 mm	2,0
madeira: espessura média inferior a 50 mm	2,8
plástico: sem reforços metálicos	2,8
plástico: com reforços metálicos	3,6
alumínio: com corte térmico, comprimento do caminho térmico > 10 mm	3,6
alumínio: com corte térmico, comprimento do caminho térmico < 10 mm	5,0
alumínio ou ferro: sem corte térmico	7,0

Assim, o tipo de caixilharia utilizada deve ser escolhido em função dos seguintes elementos, entre outros:

- Tipo de material e respectivo desempenho;
- Estabilidade;
- Facilidade de limpeza;
- Cor.

Torna-se imperativo também aqui focar que para além dos envidraçados é possível utilizar outro tipo de protecção como barreira térmica, como por exemplo, os sistemas de sombreamento.

Estes sistemas permitem controlar a radiação solar directa, podendo ser fixos ou móveis e colocados no exterior ou no interior, sendo que o sombreamento exterior é mais eficaz uma vez que intercepta os raios solares antes de atingirem os envidraçados (Figura 34). No entanto, estes sistemas apresentam custos mais elevados na sua instalação/manutenção, e têm grande relevo estético nos edifícios.

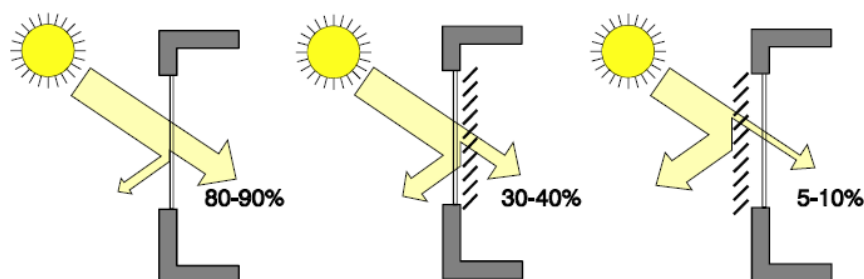


Figura 34: Eficácia de sistemas de sombreamento interiores e exteriores (fonte: Almeida & Silva, 2009)

Existem no mercado vários sistemas de sombreamento exteriores, exemplificados na Tabela 9.

Tabela 9: Sistemas de sombreamento exteriores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

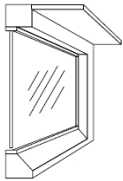
Representação esquemática	Características
	<p>Pala Horizontal simples</p> <ul style="list-style-type: none">• Protecção fixa, particularmente eficaz no sombreamento de vãos orientados a Sul.



Tabela 9 (cont.): Sistemas de sombreamento exteriores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

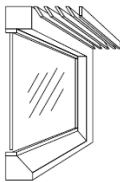
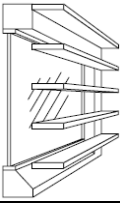
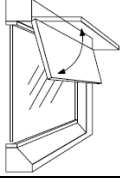
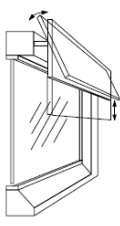
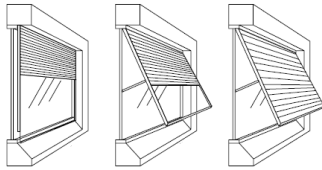
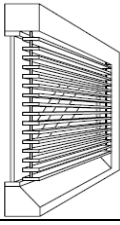
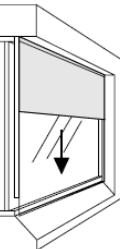
Representação esquemática	Características
	Pala Horizontal de Lâminas Verticais Descontínuas <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior, geralmente fixo, com desempenho semelhante ao da pala horizontal simples, permitindo no entanto um maior aproveitamento da luz natural difusa.
	"Louvers" <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior, regra geral fixo, composto de várias palas horizontais de pequenas dimensões com eficácia semelhante à dos casos A e C. Permite um melhor aproveitamento da iluminação natural do que o caso A.
	Pala Horizontal Basculante <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior móvel, permitindo o ajuste da posição da pala, consoante as necessidades de sombreamento. Eficácia máxima a Sul
	Pala Horizontal com Elementos Verticais Basculantes ou Deslizantes <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior móvel, relativamente eficaz na protecção dos vãos orientados a Sul, permitindo a entrada de mais luz natural quando não houver necessidades de sombreamento totais. Pode também ser utilizado noutras orientações (SE, SW) com alguma eficácia.
	Estore de Correr <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior móvel que pode ser usado para todas as orientações dos vãos, podendo ser ajustável consoante as necessidades de sombreamento. Para incidências frontais com sol baixo, terá de ser completamente descido, para um sombreamento total. Para alturas do sol mais elevadas pode funcionar como "toldo ajustável."
	Estores Exteriores de Lâminas Horizontais Móveis <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior ajustável, de grande eficácia e versatilidade no controlo dos ganhos solares, podendo ser recolhido ou descido consoante as necessidades e permitindo ainda o aproveitamento de alguma luz natural difusa em função da inclinação das lâminas.
	Écran exterior de Correr <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior móvel com comportamento semelhante ao caso anterior. Consoante o material utilizado pode permitir a penetração de luz difusa em grau variável



Tabela 9 (cont.): Sistemas de sombreamento exteriores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

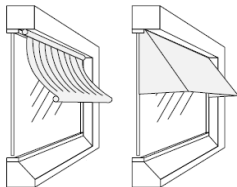
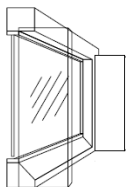
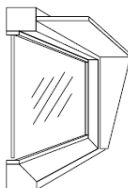
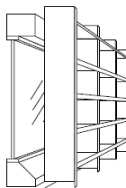
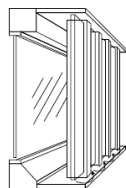
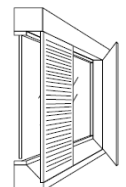
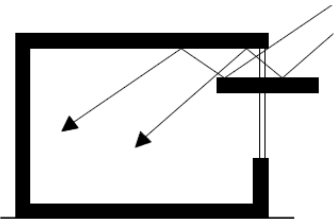
Representação esquemática	Características
Toldos	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior fixo ou móvel. Fornece protecção máxima quando orientado a Sul. A existência de abas laterais (10) aumenta a sua eficácia. Pode também ser eficaz noutras orientações, mas à custa da diminuição das vistas para o exterior. Sendo de material não completamente opaco, permite a recuperação de alguma luz natural difusa. É muito usado em climas quentes, devido à sua versatilidade, eficácia e baixo custo.
Palas Verticais	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior fixo essencialmente destinado a protecção da penetração solar lateral. É útil, como complemento de palas horizontais, para uma eficácia de sombreamento total de vãos orientados a Sul, e parcialmente eficaz na protecção de vãos orientados a SW, SE, E, e W. A sua eficácia aumenta com o aumento da inclinação das palas na direcção Norte.
Combinação de Pala Horizontal e Pala Vertical	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior fixo resultando da combinação de uma pala horizontal e de uma vertical. Particularmente eficaz para orientações dos vãos a Sul, SW e SE
Quebra-Sol	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior fixo, que frequentemente faz parte da estrutura do edifício. Existem nos mais variados padrões de aberturas, sendo úteis na protecção de aberturas "difíceis" de sombrear (W, E, SE, SW, NE, NW). Limitam seriamente a visão para o exterior
Estore de Lâminas Verticais Orientáveis	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior ajustável, mecanicamente difícil de operar É particularmente indicado para a protecção de vãos orientados a Nascente e Poente, podendo ser completamente "fechado" quando da incidência frontal baixa da radiação, ou pode ser "aberto" quando não há incidência solar nos vãos.
Portada	
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento exterior móvel, para elevada protecção solar para qualquer orientação. Pode incluir lamelas verticais ou horizontais orientáveis permitindo a entrada de luz e a visão.

Tabela 9 (cont.): Sistemas de sombreamento exteriores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

Representação esquemática	Características
	Palas Reflectoras
	<ul style="list-style-type: none"> São geralmente colocadas horizontalmente, acima da linha de visão num componente de transmissão vertical, dividindo o vão envidraçado em duas secções, uma inferior, geralmente denominada abertura de visão e uma superior, geralmente denominada abertura de iluminação natural.
	<ul style="list-style-type: none"> As palas reflectoras protegem as zonas interiores próximas das janelas contra a radiação solar directa, e redireccionam a luz que atinge a parte superior da pala para o interior na direcção do tecto.
	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionam sombra no Verão e tornam a distribuição de luz natural no interior mais uniforme.
	<ul style="list-style-type: none"> Possuem uma eficácia máxima para orientações a Sul.

Os sombreamentos interiores são mais baratos e ajustáveis, do que os exteriores, mas não tão eficazes na redução de ganhos de calor, já que há um aquecimento dos dispositivos de sombreamento e por consequência do ar entre estes e o vidro. A Tabela 10 exemplifica os vários tipos de sombreamentos interiores.

Tabela 10: Sistemas de sombreamentos interiores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

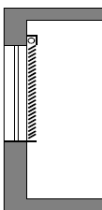
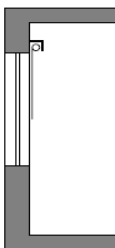
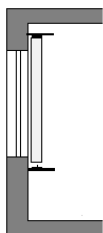
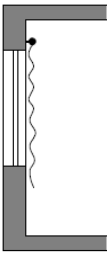
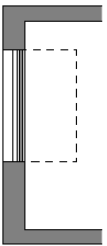
Representação esquemática	Características
	Estore Interior de Lâminas Horizontais Reguláveis
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento interior móvel, de grande eficácia e versatilidade no controlo do encandeamento; Pode ser recolhido ou descido consoante as necessidades e permitindo ainda o aproveitamento de alguma luz natural difusa em função da inclinação das lâminas.
	Estore interior de lâminas verticais
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento interior móvel, indicado para a protecção de vãos orientados a Nascente e Poente, podendo ser completamente "fechado" quando da incidência frontal baixa da radiação, ou pode ser "aberto" quando não há incidência solar nos vãos. Geralmente são fabricados em tela, permitindo a difusão de alguma luz natural em função da sua cor e grau de translucidez
	Estore interior de Tela
	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de sombreamento interior móvel que pode ser usado para todas as orientações dos vãos, Pode ser ajustável consoante as necessidades de sombreamento. Consoante o material utilizado pode permitir a penetração de luz difusa em grau variável.



Tabela 10 (cont.): Sistemas de sombreamentos interiores e as suas características (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

Representação esquemática	Características
	Cortinas <ul style="list-style-type: none">• Dispositivo de sombreamento interior móvel com comportamento semelhante aos estores.• Consoante o material utilizado pode permitir a penetração de luz difusa em grau variável.• Possui a vantagem de ser de baixo custo, fácil instalação e manutenção reduzida.• Eficácia semelhante para qualquer orientação
	Portadas <ul style="list-style-type: none">• Dispositivo de sombreamento interior móvel, para elevada protecção solar em qualquer orientação.• Quando completamente encerradas não permitem a entrada de luz.• Existem variantes que incluem lamelas horizontais orientáveis permitindo a entrada de alguma luz e a visão para o exterior.

Por último importa aqui referir que a vegetação é também um sombreador bastante eficaz, sobretudo em edifícios baixos, sendo que a de folha caduca permite ganhos solares durante o Inverno, evitando a radiação nos envidraçados e nas paredes durante o Verão. A vegetação de folha perene, quando colocada a Norte (orientação com poucos ganhos solares), assume-se como uma barreira contra o vento. A Figura 35 esquematiza o sombreamento através da vegetação.

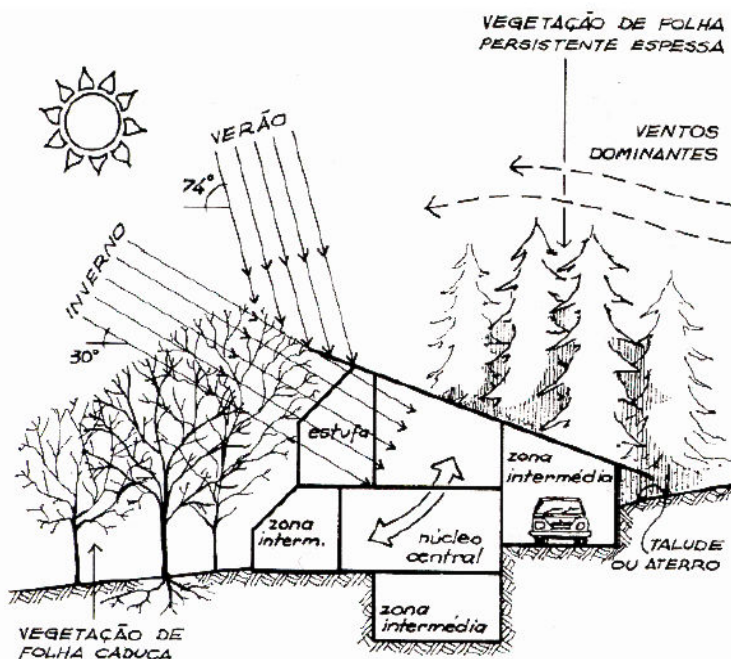


Figura 35: Exemplificação esquemática da influência do tipo de vegetação (fonte: Moita, 1987)



A.4.2.5. Pintura

A cor, tal como a forma e a textura, ocupam um papel preponderante em termos de conforto térmico e visual na globalidade de um edifício. Embora já existam tintas absorventes e reflectoras, de todas as cores, as cores claras não absorvem tanto o calor como as cores escuras. Com efeito, enquanto que uma superfície lisa de cor preta absorve cerca de 90% da radiação solar incidente, uma superfície branca reflecte 80% da radiação. Não será por acaso, que as casas típicas alentejanas e algarvias são pintadas de branco.

A cor combinada com a orientação solar adequada permite criar ambientes que proporcionam um conforto visual agradável, podendo também transmitir sensações térmicas ao ocupante do edifício. Por exemplo, na Figura 36 apresentam-se algumas das sensações que a cor pode provocar no ser humano.



Figura 36: O efeito das cores (fonte: Azevedo, 2009)

A cor/pintura é um complemento que poderá contribuir para a sustentabilidade de um edifício, apesar de existir muita falta de conhecimento relativamente às cores e aos seus efeitos. A escolha correcta das cores em conjunto com a correcta orientação solar permitirá grandes poupanças energéticas.

A.4.2.6. Ventilação

Actualmente, os edifícios são cada vez mais estanques, impedindo assim as trocas de calor e as renovações do ar. Este factor está na origem do chamado Síndrome dos Edifícios Doentes (SBS)². A falta de ventilação eleva os níveis de dióxido e monóxido de carbono e de vapor de água o que leva à propagação de fungos e bactérias. Estas substâncias podem afectar directamente os ocupantes pela sua toxicidade, levando mesmo ao aparecimento de diversas patologias, tais como dores de cabeça, sinusite e irritação dos olhos.

Para que o ambiente interior dos edifícios seja adequado à permanência dos ocupantes, tendo também em vista a eficiência energética dos edifícios, será muito importante dispor de uma troca de ar optimizada de forma a proceder à exaustão dos poluentes e à admissão de ar limpo do exterior.

O movimento do ar pode ser induzido por meios naturais ou através de meios mecânicos, que permitirão uma redução da humidade e contaminação, mas também irão contribuir para um maior conforto dos utilizadores.

i) Ventilação natural

Em países com clima temperado, como é o caso de Portugal, e com amplitudes térmicas significativas, as necessidades de arrefecimento são geralmente superiores às necessidades de

² Acrónimo da expressão de língua inglesa “Sick Building Syndrome”



aquecimento. Por essa razão deve-se recorrer à implementação de formas passivas de arrefecimento, como é o caso da ventilação natural, sendo a mais comum a ventilação cruzada (Figura 37).

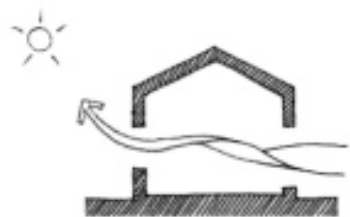


Figura 37: Representação esquemática da ventilação natural cruzada (fonte: OA, 2001)

A utilização da ventilação natural será a escolha ideal, mas a implementação das suas técnicas é um processo interactivo, que estará sempre ligado à arquitectura e ao ambiente que rodeia o edifício. No entanto, é de salientar que, por vezes, as necessidades de arrefecimento dependem menos das condições climáticas e mais do tipo de edifício, dos seus padrões de ocupação (comportamento dos ocupantes) e principalmente das opções feitas em projecto.

A ventilação natural é uma estratégia muito eficiente que consiste na utilização das forças da natureza para originar diferenças de pressão que provoquem a circulação do ar nos edifícios (Viegas, 2010). Quando se concebe adequadamente uma estratégia de ventilação natural, esta pode ser tão eficaz como um sistema de ventilação mecânica, com todas as vantagens associadas ao facto de não haver consumo energético (iiSBE, 2009).

A ventilação possui três funções que requerem diferentes níveis de circulação de ar através do edifício (Silva, 2003):

- manter uma qualidade do ar interior aceitável, através da substituição do ar interior por ar novo vindo do exterior;
- criar conforto térmico em ambientes quentes;
- arrefecer a massa dos elementos do edifício de forma a manter a temperatura interior inferior à temperatura exterior.

Para explorar de forma optimizada a ventilação natural, será necessário prever aberturas, quer na envolvente do exterior do edifício, quer na envolvente interior dos diversos espaços. O sistema de ventilação natural deve ser visto como um circuito, com igual consideração dada tanto à exaustão de ar como à admissão. A ventilação de um espaço consiste em dois processos distintos em simultâneo:

- O movimento do ar dentro de um espaço;
- A circulação de ar através das aberturas na envolvente exterior e entre os compartimentos interiores.

As aberturas entre divisões como os populares envidraçados por cima de portas interiores, grelhas ou plantas "abertas" são técnicas que podem ajudar o ar a deslocar-se dentro de um edifício (USGBC, 1996), tal como apresentado na Figura 38.



Figura 38: Aspecto das grelhas de ventilação utilizadas nas caixilharias dos vãos exteriores (fonte: Mateus, 2009)



Quando a temperatura do ar exterior é menor do que a do ar interior, a ventilação do edifício pode libertar o calor armazenado no interior do edifício, durante o dia, introduzindo o ar fresco da noite (Almeida & Silva, 2009).

Deste modo será necessário prever soluções construtivas que ajudem a circulação do ar entre a envolvente exterior e os compartimentos interiores, como por exemplo, os princípios de ventilação cruzada, ventilação por efeito chaminé e ventilação por chaminé solar (Figura 39).



Figura 39: Tipos de ventilação natural (fonte: OA, 2001)

Um outro aspecto que deve ser considerado é que o ar de ventilação deve ser mais fresco do que o ar interior. Assim, a passagem de ar para ventilação em túneis ou tubagens enterradas no solo permite um arrefecimento superior, uma vez que o ar de ventilação estará a uma temperatura inferior à do ar exterior ao edifício (Almeida & Silva, 2009), tal como ilustrado na Figura 40.

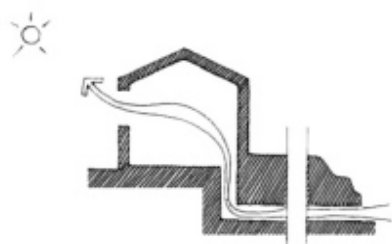


Figura 40: Arrefecimento pelo solo (fonte: OA, 2001)

Porém, um dos aspectos que mais influencia a possibilidade de ventilar naturalmente um espaço é a relação entre a profundidade do compartimento e o seu pé-direito livre. Os pisos com zonas estreitas, como as que se verificam em plantas com configuração I, H, U ou T, asseguram que a maior parte dos espaços interiores apresentam bom acesso à ventilação natural. Contudo, a existência de pátios e átrios interiores também favorece a ventilação natural (iiSBE, 2009).

Assim, aquando da concepção adequada de uma estratégia de ventilação natural, esta poderá ser tão eficaz como um sistema de ventilação mecânica, com todas as vantagens associadas ao facto de não haver consumo energético. No entanto, será necessário não esquecer que a sua eficácia depende muito da profundidade do compartimento, tendo assim um papel extremamente importante na remoção do calor do interior do edifício e no estabelecimento das condições de conforto térmico para os utilizadores.

ii) Ventilação mecânica

Os sistemas de ventilação mecânica permitem um melhor controlo das taxas de ventilação, comparativamente aos sistemas de ventilação natural. Contudo, além de outras desvantagens, é necessária energia para o funcionamento dos ventiladores, emitem ruído e exigem manutenção.





Apresentam-se de seguida os tipos mais correntes de sistemas de ventilação mecânica (Ferreira, 2004; Amaral, 2008):

- Insuflação mecânica: admissão de ar através de rede de condutas e ventiladores e exaustão de ar através de aberturas, frinchas ou grelhas, colocadas na envolvente ou condutas de ventilação natural. O sistema permite a utilização de pré-aquecimento e filtragem do ar insuflado (Figura 41);



Figura 41: Ventilador e a sua instalação típica num edifício (Jewson, 2011)

- Extracção mecânica: admissão de ar através de aberturas, frinchas ou grelhas, colocadas na envolvente e extracção de ar através de ventiladores independentes, nos compartimentos de serviço, cozinha e instalação sanitária. Os extractores são normalmente utilizados em ambientes onde existe alguma fonte de contaminação do ar, e os mesmos criam uma pressão que aspira o ar quente ou impuro, expulsando-o para o exterior, tal como o exemplo apresentado na Figura 42;

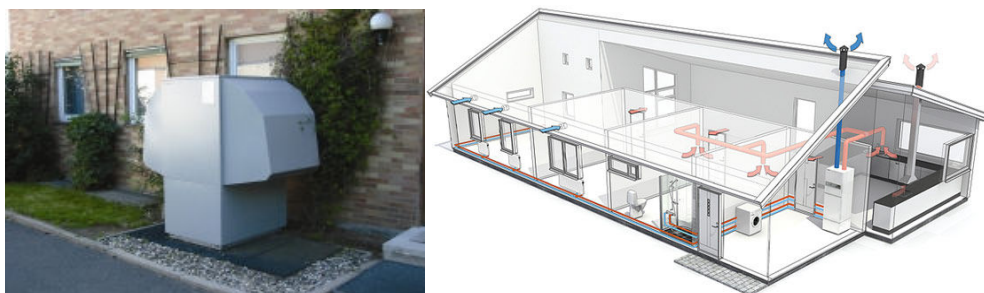


Figura 42: Extractor e a sua instalação típica num edifício (Jewson, 2011)

- Ventilação mecânica centralizada: admissão de ar através de aberturas, frinchas ou grelhas, colocadas na envolvente e extracção de ar através de ventiladores, nos compartimentos de serviço, cozinha e instalação sanitária. A exaustão frequentemente é contínua e comum a todo o edifício (centralizada e controlada num único ponto);
- Ventilação mecânica de duplo fluxo (sistemas equilibrados): admissão e extracção de ar através de rede de condutas e ventiladores (o caudal de extracção é ligeiramente superior ao caudal de insuflação). O sistema frequentemente é controlado num único ponto e permite a utilização de filtros de ar e permutadores de calor.

Para a manutenção destes sistemas é recomendada a limpeza e verificação do equipamento, pelo menos, duas vezes ao ano, preferencialmente, no começo de cada estação em que se recorra ao sistema. Porém, antes de se procederem às operações de manutenção deve existir o cuidado em desligar o equipamento. Assim sendo, as práticas correntes para a manutenção dos sistemas são:

- Devem ser inspeccionadas as grelhas (protecções exteriores) do sistema de condutas regularmente, de modo a que estas não estejam obstruídas ou totalmente bloqueadas por folhas, relva ou neve;
- Os filtros de ar devem ser limpos 2 a 4 vezes por ano;
- A matriz deve ser limpa 2 vezes por ano (com um pano húmido para remover pó, insectos ou outras impurezas).



Dever-se-á, ainda, inspecionar as condutas de eventuais fugas ou obstruções. Adicionalmente, dever-se-á recorrer a um profissional para uma verificação anual do sistema e ver se este está devidamente equilibrado.

A.4.3. Factores associados aos sistemas e equipamentos

O consumo de energia no sector doméstico representa uma fatia considerável do consumo energético total em Portugal. Apesar de este valor ser ainda baixo quando comparado com outros países da UE, relacionado essencialmente com a baixa taxa de equipamentos consumidores e o clima em Portugal ser considerado mais ameno, a tendência é, contudo, para o aumento do consumo de energia (Jardim, 2009).

A redução dos custos associados ao consumo de energia resulta em grande medida de uma utilização mais racional e eficiente dos sistemas e instalações consumidores de energia. Para tal, existem gestos simples que, sem aumentar o consumo de energia, melhoram o conforto doméstico e traduzem-se em benefícios económicos e ambientais a longo prazo, como é o caso da utilização racional dos sistemas e equipamentos de climatização, produção de água quente, produção domésticas de electricidade, electrodomésticos e iluminação artificial.

A.4.3.1. Climatização

Os sistemas de climatização desempenham um papel essencial num edifício e são, indubitavelmente, os que têm maior impacto no conforto ambiental. A climatização corresponde a 25% dos consumos de energia dos edifícios, sendo por isso, ao mesmo tempo, responsáveis por uma parte significativa da factura energética num edifício (Mateus & Bragança, 2006).

O aumento da utilização de equipamentos para climatização dos espaços interiores é preocupante em termos ambientais devido ao grande aumento do consumo energético, e consequentemente para o aumento das emissões de CO₂ e do aquecimento global. A climatização de espaços deveria ser reservada para as necessidades especiais de climas extremos e não para melhorar os efeitos de uma fraca concepção dos edifícios. Há medida que os edifícios se tornam mais eficientes energeticamente, será mais importante a escolha adequada dos equipamentos de climatização utilizados no seu interior, pois a influência relativa destes no balanço energético de um edifício aumenta (Olofsson & Anderson, 2001).

Existem dois tipos de sistemas de climatização:

- Sistemas de aquecimento central;
- Sistemas de ar condicionado.

Os sistemas de aquecimento central caracterizam-se por aquecerem as divisões de um edifício no Inverno e fornecer água quente para o uso doméstico, sendo compostos por uma unidade geradora de calor (caldeira), um sistema de distribuição de calor e ainda pelas unidades de regulação e controlo.

A caldeira é o elemento basilar do equipamento de aquecimento e a sua eficiência reveste-se da máxima importância na optimização da economia de energia e na redução das emissões poluentes para a atmosfera. A selecção de uma caldeira com potência adequada, tendo em conta os níveis de calor que a habitação necessita, é uma medida muito importante de eficiência energética (EDP, 2006).

Os sistemas de aquecimento central possuem um mecanismo de regulação essencial, que faz com que mantenham a temperatura do espaço estável, independentemente das condições exteriores, criando assim um maior conforto para os ocupantes.





Mas para além desta clara vantagem, os sistemas de aquecimento central possuem outras, tais como:

- a sua utilização permite uma redução nos índices de humidade, evitando assim manchas e bolores desagradáveis;
- possuem um termóstato de ambiente que envia um sinal a uma central electrónica permitindo a paragem do queimador quando não há necessidade de calor;
- são equipadas com sofisticados sistemas de regulação que asseguram um consumo mínimo.

No Verão existem necessidades de arrefecimento, sendo que para colmatar este requisito de conforto existem os sistemas de ar condicionado, aparelho este que é muito mais frequente em edifícios de serviços do que nos de habitação (Figura 43).



Figura 43: Ar condicionado

Este sistema tem como objectivo manter a temperatura ambiente o mais confortável possível, sendo que o conforto do ser humano resulta da combinação de três factores: a temperatura, a humidade e a distribuição do ar.

Será contudo importante que quando o ar condicionado for de facto indispensável, prever e projectar instalações centralizadas de ventilação e ar condicionado. Ao contrário dos aparelhos individuais, esta solução mais eficiente não alterará o aspecto visual do edifício, tal como se pode visualizar na Figura 44.



Figura 44: Impacte visual dos sistemas de climatização

Contudo, a solução óptima seria que os edifícios fossem construídos para que a utilização de sistemas activos de climatização fosse reduzida ao mínimo, apenas reservados para as necessidades especiais de climas severos, e não para melhorar os efeitos de um fraco desempenho dos edifícios (Mateus & Bragança, 2006).



A.4.3.2. Produção de água quente

O aquecimento de água é responsável pelo consumo de aproximadamente 50% do total de energia primária consumida nos edifícios (ADENE, 2004). Sendo o aquecimento de água um processo no qual é consumida uma grande quantidade de energia, a instalação de sistemas de aquecimento de água mais eficientes e apropriados, tendo em conta o número de utilizadores e padrões de utilização, será uma solução onde é possível diminuir o consumo energético, com vantagens adjacentes de redução nos custos em energia, sem contudo comprometer o nível de conforto pretendido.

Numa habitação, o aquecimento de águas deve advir maioritariamente da utilização de dois tipos fundamentais de aquecimento de água: os sistemas termoacumuladores e os sistemas instantâneos. Estes sistemas possibilitam a utilização de diversas fontes de energia para aquecer a água.

Os sistemas termoacumuladores são equipamentos formados por uma resistência eléctrica que aquece a água, um reservatório para a armazenar, um termostato e um dispositivo que impede o sobreaquecimento (Figura A.28 à esquerda). O seu funcionamento não é imediato, sendo dependente da potência da resistência eléctrica e da capacidade do aparelho, sendo necessário aguardar algum tempo até que a água aqueça e possa ser utilizado.

Os sistemas de aquecimento de água instantâneos são dispositivos que aquecem a água apenas no momento em que esta é necessária, não possuindo um depósito de armazenamento. Os esquentadores a gás e as caldeiras são exemplos claros deste tipo de sistema de aquecimento, tendo ambos um tipo de funcionamento muito parecido.

Para funcionar, estes aparelhos só necessitam de combustível (gás propano, butano ou gás natural) e de alguma pressão na água da rede. Uma desvantagem clara destes sistemas é o facto de só conseguirem fornecer água à temperatura desejada até um ou dois dispositivos sanitários ao mesmo tempo (Figura 45 à direita).



Figura 45: Termoacumulador eléctrico e sistema instantâneo a gás

No entanto, para além destes dispositivos apresentados, também é possível recorrer aos sistemas solares para o aquecimento de água. Estes sistemas utilizam a radiação solar para o aquecimento da água, podendo fornecer assim água quente sem qualquer custo adicional, para além do custo inicial de aquisição do equipamento. Este tipo de sistema é constituído por o colector solar e o tanque de armazenamento. O colector solar encontra-se geralmente localizado na cobertura do edifício e orientado, no hemisfério norte, para sul.



Existem vários tipos de colectores solares, sendo nos edifícios os mais frequentemente utilizados, os colectores planos e os colectores de tubos de vácuo. O colector plano é o mais usual para AQS (Água Quente Sanitária), atingindo uma temperatura máxima de cerca de 60°C. Este sistema é constituído por uma cobertura transparente, uma placa absorvora e uma caixa isolada, sendo através da placa absorvora que se dá a transformação da energia solar em energia térmica, passando essa energia para um fluido térmico que circula numa rede de canais, que por sua vez aquece a água contida no depósito de armazenamento. A Figura 46 ilustra o sistema de instalação de um colector solar para AQS.

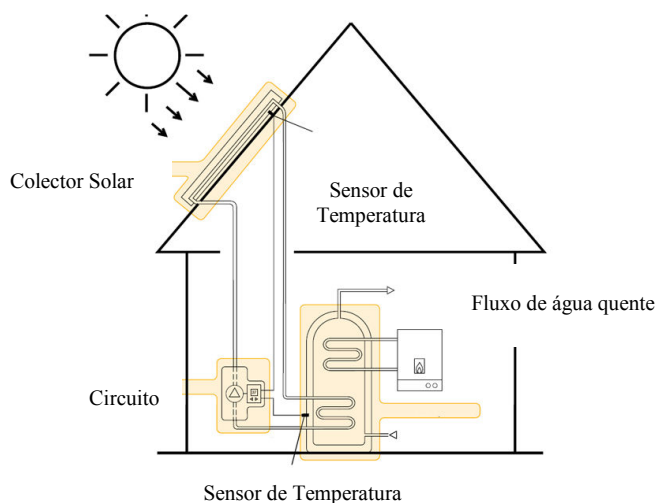


Figura 46: Circuito de um sistemas colector solar

Os colectores de tubos de vácuo consistem num conjunto de tubos de vidro transparente que contêm no seu interior tubos metálicos, normalmente de cobre, que constituem o absorvedor onde circula o fluido térmico que transporta a energia para o tanque de armazenamento. O facto dos tubos de vidro estarem em vácuo contribui para a redução significativa das perdas térmicas para o exterior, possibilitando desta forma um maior ganho de energia captada, o que permite que a água atinja temperaturas na ordem dos 100°C.

Existindo no mercado uma grande quantidade de sistemas de aquecimento de água, a opção por um deles dependerá, essencialmente, do custo do sistema, do número de utilizadores do sistema, do espaço disponível para a colocação do sistema e das fontes de energia disponíveis. Contudo, apesar do investimento inicial ser significativo, a médio prazo o aquecimento de água utilizando energia solar é benéfico em termos económicos quando comparado com as outras opções já referenciadas anteriormente, tal como apresentado na Figura 47.

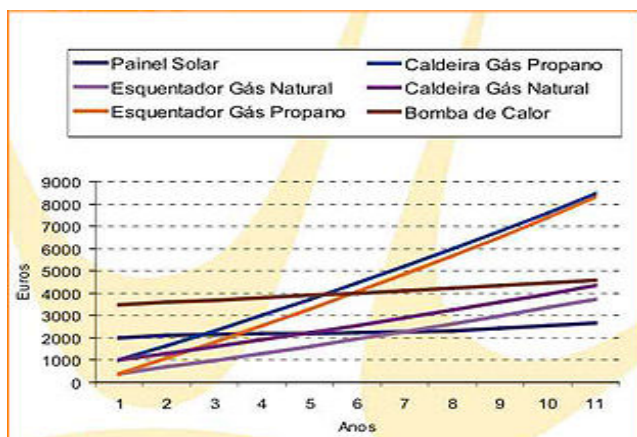


Figura 47: Custos de aquisição e operação de diversos sistemas de produção de água quente (fonte: Agência Cascais Energia)



A.4.3.3. Produção doméstica de electricidade

A energia consumida nos edifícios poderá ser otimizada se se aplicarem sistemas que permitam a produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis. As energias renováveis caracterizam-se pela capacidade que têm de se regenerar e, como tal, serem virtualmente inesgotáveis e, por conseguinte, ambientalmente neutras. Ambas as propriedades constituem a sua principal diferença face às energias tradicionais, preservando também o planeta e garantindo o bem-estar das gerações futuras.

O rendimento destes sistemas está relacionado com as condições climáticas e, por isso, é necessário prever a instalação de sistemas auxiliares que garantam o fornecimento de electricidade independentemente dessas condições, tais como, geradores a gásóleo, ou prever a ligação do edifício à rede de distribuição eléctrica. Este tipo de sistemas, apesar de estarem associados a custos de operação bastante reduzidos, os seus custos de aquisição são bastante elevados, pelo que numa análise de viabilidade se deverá avaliar os custos associados à totalidade do seu ciclo de vida: custos de instalação e operação (Mateus & Bragança, 2006).

De seguida será feita uma breve referência aos diversos tipos de sistemas que recorrem às energias renováveis, com maior incidência nos sistemas para produção de electricidade.

i) Painéis solares fotovoltaicos

Os painéis solares fotovoltaicos são dispositivos capazes de converter a energia solar directamente em electricidade. A unidade básica de um módulo fotovoltaico é a célula fotovoltaica, sendo que o seu desempenho energético varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos.

Apesar de ser um sistema em desenvolvimento, existe já uma panóplia de opções que se podem adaptar num edifício, consoante o tipo de rendimento e estética que se deseja (Figura 48).



Figura 48: Aplicação de painéis fotovoltaicos num conjunto de habitações na Alemanha

Relativamente ao tipo de material, os painéis fotovoltaicos são constituídos, essencialmente, por três tipos de células: mono-cristalinas; poli-cristalinas; e silício-amorfas. As mono-cristalinas são as que possuem maior rendimento, sendo também as mais caras; enquanto que as silício-amorfas são as de menor rendimento sendo, em contrapartida, as mais baratas.

A energia fotovoltaica é uma das mais promissoras fontes de energia renovável, apresentando algumas vantagens, entre as quais se destacam:

- Alta fiabilidade;
- Adaptabilidade dos módulos – permite montagens simples e adaptáveis a várias necessidades energéticas;
- Armazenamento em baterias da energia gerada durante as horas de radiação e
- aproveitamento nas horas de inexistência de insolação;
- Manutenção reduzida.





Mas nem tudo são vantagens e, como tal, também apresenta desvantagens:

- Custo de produção elevado, principalmente devido ao emprego de tecnologias de ponta no seu fabrico;
- O rendimento de conversão de energia solar em energia eléctrica é reduzido, daí que a sua aplicação em edifícios seja ainda reduzida.

Quanto à sua aplicação em edifícios, os módulos podem ser integrados na envolvente do edifício (por exemplo, paredes ou coberturas), o que pode representar reduções significativas nos custos de construção e de energia. Na Figura 49 apresenta-se uma solução solar fotovoltaica integrada na arquitectura de um edifício, neste caso, nas fachadas e clarabóias da Casa da Cultura Carlos Muñoz Ruiz, em Espanha.



Figura 49: Solução solar fotovoltaica integrada num edifício cultural de referência nos arredores de Madrid

Contudo, também será possível armazenar a energia produzida através de um grupo de baterias ou então, fazer a ligação do sistema a rede eléctrica, vendendo a energia produzida em excesso à companhia eléctrica, uma solução economicamente mais vantajosa (Figura 50).

Legenda:



1. Módulos fotovoltaicos:

Quando a luz solar atinge os módulos, é gerada uma corrente eléctrica contínua.

2. Inversor:

A corrente gerada pelos módulos viaja até ao inversor, onde é convertida em corrente alternada. A electricidade CA é idêntica ao tipo de energia da rede eléctrica.

3. Contador de venda:

A electricidade convertida passa no contador de venda e é vendida à rede eléctrica ao preço bonificado.

4. Contador de compra:

A electricidade consumida pelas cargas do edifício provém da rede eléctrica, adquirida ao preço normal de compra

Figura 50: Esquema do funcionamento da microgeração (fonte: Enerwise, 2011)

ii) Micro turbinas eólicas

A energia produzida pelo vento é um recurso energético natural que pode ser aproveitado através da instalação de turbinas eólicas, também conhecidas como aerogeradores, transformando a energia cinética do ar em energia eléctrica.

O vento corresponde à deslocação de uma massa de ar, provocada pelas diferenças de pressão atmosférica. Este fenómeno é influenciado pelas condições atmosféricas, por obstáculos e



condições do solo. A energia cinética do vento é aproveitada utilizando turbinas eólicas ligadas a geradores, fazendo com que o movimento da turbina produza energia eléctrica no gerador. O conjunto constituído pela turbina eólica e pelo gerador é denominado por aerogerador (Figura 51).



Figura 51: Micro-turbinas eólicas domésticas (fonte: Jewson, 2011)

Na instalação de um aerogerador, a variável mais importante a ter em conta é a intensidade do vento, pois os ventos fortes podem ser prejudiciais, havendo o risco da ocorrência de danos na turbina. Para colmatar este problema, as turbinas são concebidas para uma velocidade limite que, quando ultrapassada, o sistema despende energia para reduzir a rotação das pás, evitando a rotura da turbina.

iii) Micro-hidrogeradores

Os micro-hidrogeradores transformam a energia mecânica da água em movimento em energia eléctrica (Figura 52). Com uma adequada fonte de água, os micro-hidrogeradores são uma fonte de energia mais fiável do que, por exemplo, as micro-turbinas eólicas, pois o rendimento deste é menos dependente das condições climáticas. Estes sistemas podem ser instalados em terrenos atravessados por ribeiros e em locais com nascentes de água situadas numa encosta (Mateus & Bragança, 2006).



Figura 52: Sistema micro-hidrogerador instalado numa nascente (fonte: Jewson, 2011)

A.4.3.4 Iluminação

O consumo médio anual em iluminação por unidade de alojamento é cerca de 12% do consumo de electricidade no sector residencial (EDP, 2008), sendo este valor superior à média dos edifícios europeus. O elevado peso da iluminação deve-se fundamentalmente ao aumento substancial verificado nos últimos anos de construções com maiores áreas e, por conseguinte, com recurso a um maior número de pontos de luz.

No entanto, para corrigir este défice nos edifícios e potenciar a economia de energia nesta área, a solução passa pela utilização de luz natural sempre que possível e pela substituição das lâmpadas existentes por outras de eficiência mais elevada. Claro que estas medidas de poupança só serão muito eficazes através da mudança de atitudes por parte do utilizador.





A iluminação eléctrica no interior dos edifícios pode ser conseguida através de quatro tipos principais de lâmpadas que, apesar de terem consumos energéticos distintos, têm níveis finais de desempenho semelhantes. A Tabela 11 apresenta as características técnicas e económicas das lâmpadas mais utilizadas em Portugal.

Tabela 11: Características técnicas e económicas das lâmpadas portuguesas (fonte: DGGE, 2008)

Características técnicas	Incandescentes		Fluorescentes	
	Clássica	Halógeno	Tubular	Compacta
Potência (W)	15 – 2000	20 – 2000	15 – 58	9 – 23
Eficiência luminosa (lm/w)	8 - 15	15 – 25	58 – 93	55 – 65
Duração (horas)	1000	2000	12000 a 18000	6000 a 15000
Índice de restituição da cor	90 – 100	90 – 100	85 - 98	82 – 90
Preço (euros)	0,5 a 1	2 a 8	3 a 5	5 a 15

As lâmpadas incandescentes clássicas são o tipo de lâmpada mais utilizado na iluminação artificial interior, muito em parte por serem o tipo de lâmpada mais barata no mercado, mas contudo, apresenta níveis de eficiência e fiabilidade muito reduzidos (Figura 53). No entanto, este é o tipo de iluminação com menos eficiência luminosa (15 lm/W) e com o menor tempo de vida média (cerca de 1 000 horas).



Figura 53: Lâmpada incandescente

Relativamente às lâmpadas de halógeno, que também são um tipo de lâmpadas incandescentes, estas são mais caras do que as anteriores, possuindo no entanto uma maior durabilidade (2000 horas), tal como apresentado na Figura 54. Muito embora a sua utilização esteja generalizada ao nível dos novos edifícios, a eficiência energética e os custos de exploração são desfavoráveis quando comparadas com as fluorescentes compactas.



Figura 54: Lâmpadas de halógeno

As lâmpadas fluorescentes tubulares são muito utilizadas pois proporcionam uma boa iluminação com pouca potência e baixo consumo energético (Figura 55). Estas lâmpadas são as mais adequadas para locais com necessidades de longa iluminação. Estas lâmpadas têm uma elevada eficácia e um período de vida muito elevado (cerca de 18 000 horas), permitindo economizar até 85% de energia, dependendo do modelo e da potência.





Figura 55: Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes compactas apresentam as mesmas vantagens das tubulares, mas são especialmente recomendadas quando se necessita de utilização contínua (Figura 56). Estas lâmpadas têm um número elevado de horas de utilização, de 6 a 15 mil horas e estão preparadas para um número elevado de ciclos de ligar e desligar.



Figura 56: Lâmpadas fluorescentes

A redução do consumo de energia eléctrica na iluminação passa indiscutivelmente pela utilização de díodos emissores de luz, os chamados LEDs (Figura 57). Estas lâmpadas têm um preço mais elevado que as lâmpadas fluorescentes, mas têm um período de vida muito superior (20 a 45 mil horas).



Figura 57: LED's

A maioria dos consumidores ainda tem algumas dúvidas quanto ao fazer a escolha entre uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente. Deste modo, e utilizando o simulador de comparação de eficiência energética da EDP, foi possível fazer uma estimativa dos custos do ciclo de vida de uma lâmpada incandescente versus uma lâmpada fluorescente compacta. Os dados das lâmpadas obtidos no simulador encontram-se apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Análise económica e ambiental do ciclo de vida de dois tipos de lâmpadas

	Incandescente	Fluorescente Compacta
Potência (W)	100	20
Vida útil (horas)	1000	12 000
Consumo de energia (kWh/ano)	219	43,8
Custo de energia (€/ano)	26,6	5,3
Valor poupado no tempo de vida útil do equipamento (€)		124,3
Emissões de CO ₂ evitadas no tempo de vida útil (kgCO ₂ .eq)		451,2





Através da análise aos resultados obtidos é claramente perceptível que a lâmpada fluorescente compacta é uma lâmpada economizadora. Os dados obtidos demonstram que as lâmpadas fluorescentes são muito mais económicas que as incandescentes, a médio prazo, mas tem um custo inicial bastante superior. Mas não é só economicamente que estas lâmpadas são importantes, mas também a nível ambiental.

Para que a solução de iluminação dos edifícios seja eficiente, sugerem-se, entre outras, as seguintes práticas (Mateus & Bragança, 2006):

- Recorrer à iluminação natural sempre que possível. Os edifícios devem ser concebidos de modo a que todas as divisões possuam iluminação natural, que pode ser obtida, por exemplo, através de janelas, clarabóias e tubos solares (Figura 58);



Figura 58: Tubo solar (fonte: desconhecida)

- Preferir acabamentos de cor clara nas superfícies interiores e no mobiliário. Os acabamentos de cor clara reflectem melhor a luz, o que reduz a quantidade de iluminação necessária;
- Existe no mercado várias lâmpadas com potências eléctricas distintas, devendo-se assegurar que se aplicam lâmpadas com potência adequada à iluminação necessária;
- Assegurar um nível de iluminação adequada à actividade. O tipo de lâmpada deve ser compatível com a utilização do espaço. As lâmpadas fluorescentes devem ser aplicadas quando se necessita de iluminação artificial por longos períodos de tempo. Em compartimentos pouco utilizados ou utilizados por períodos curtos, como por exemplo, instalações sanitárias, despensas, lavandarias, as lâmpadas mais adequadas são as incandescentes;
- Utilizar interruptores “inteligentes” em certos compartimentos e em espaços exteriores, como por exemplos, a utilização de interruptores de sensor de movimento é adequada em locais utilizados com pouca frequência e por curtos períodos de tempo.

A.4.3.5. Electrodomésticos e equipamentos

Os electrodomésticos, nomeadamente, os frigoríficos e as máquinas de lavar roupa, são responsáveis por uma elevada percentagem do consumo global de electricidade nos edifícios. Contudo, a redução dos consumo energéticos pode ser conseguida através da aquisição de equipamentos mais eficientes, mas também através de uma utilização mais responsável por parte do utilizador (EDP, 2006).

Com a evolução tecnológica dos últimos anos e devido ao aumento do nível de vida da população, tem-se verificado o aparecimento de uma panóplia de novos electrodomésticos que passaram a ser integrados nos edifícios, o que se tem traduzido no aumento dos consumos de electricidade por esta via.



Como o consumo energético depende da potência e do período de utilização, os electrodomésticos e os equipamento que mais contribuem para o consumo energético são geralmente os que têm maior tempo de utilização.

Através de uma análise ao comportamento dos utilizadores, é possível estimar o impacto das emissões de CO₂ emitidas pelos diferentes aparelhos eléctricos que são utilizados no dia-a-dia, tal como apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: Consumos eléctricos, custos e emissões de dióxido de carbono por tipo de equipamento eléctrico para uma utilização média diária (fonte: EDP,2006; DGEG, 2008).

Aparelho	Período de funcionamento	Consumo mensal (kWh)	Factura eléctrica (euros/mês)	Factura ambiental (kg de CO ₂ /mês)
Aquecimento eléctrico (1500 W)	6 horas/dia	135	16,2	58,1
Ar condicionado (2500 W)	6 horas/dia	160,7	19,3	69,1
Cafeteira eléctrica (1200 W)	½ hora/dia	18	2,2	7,7
Chaleira (1200 W)	½ hora/dia	18	2,2	7,7
Computador (250 W)	8 horas/dia	44	5,3	18,9
Frigorífico normal (140 W)	24 horas/dia	24	2,9	10,3
Impressora (150 W)	5 horas/dia	16,5	2,0	7,1
Lâmpada fluorescente compacta (20W)	8 horas/dia	3,52	0,4	1,5
Lâmpada incandescente (100 W)	8 horas/dia	17,6	2,1	7,6
Microondas (1000W)	1 hora/dia	30	3,6	12,9

Devido à multiplicidade de electrodomésticos e de diferentes consumos eléctricos existentes numa habitação a opção da tarifa bi-horária leva a uma poupança de energia eléctrica considerável, por se tratar de um sistema que fomenta a utilização de energia fora das horas de pico de consumo (EDP, 2008).

Um outro aspecto que também deverá influenciar na escolha dos electrodomésticos e equipamentos é a etiqueta energética. A etiqueta energética é uma ferramenta útil que permite comparar equipamentos semelhantes, auxiliando o consumidor na selecção dos equipamentos mais eficientes. Esta ferramenta fornece informação sobre a eficiência energética dos equipamentos, os consumos de energia, os rendimentos, a capacidade, o ruído, entre outras, tal como apresentado na Figura 59.



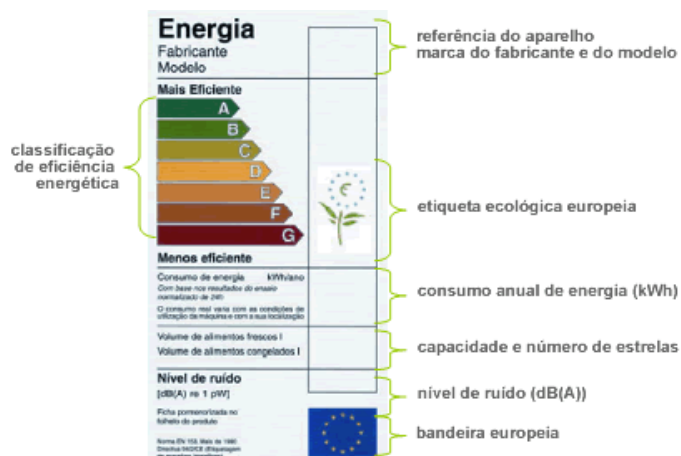


Figura 59: Modelo da etiqueta energética

Portanto, será necessário mudar os comportamentos, tanto por via da escolha criteriosa de consumos eléctricos de elevada eficiência energética, quer nas atitudes de consumo dos utilizadores.



SECÇÃO B

QUALIDADE AMBIENTAL







SECÇÃO B

QUALIDADE DO AMBIENTE INTERIOR

B.1. Enquadramento

O modo como os edifícios afectam a saúde dos seus ocupantes é uma questão importante para a indústria de construção sustentável, pois a não previsão destes aspectos pode resultar em acções e medidas correctivas caras.

O síndrome do edifício doente e as doenças relacionadas com o mesmo, são duas grandes classes de problemas associados com a saúde do edifício e, consequentemente com o conforto e saúde dos seus ocupantes. O fenómeno que abrange estes aspectos é denominado como qualidade do ar interior, o qual se preocupa com os efeitos provocados no edifício e no seu humano pelas substâncias químicas, agentes biológicos e partículas.





Mais recentemente, a gama de problemas de saúde ligados aos edifícios aumentou. Esta situação ocorreu no momento em que se começou a considerar os efeitos na saúde humana associados à qualidade da iluminação, ruído, temperatura, humidade, entre outros, sendo esta gama de impactes referida como a qualidade ambiental interna.

Actualmente, as doenças e alergias que afectam, sobretudo, o sistema respiratório têm origem no facto do ser humano passar mais de 90% do seu tempo dentro de edifícios. Os edifícios são cada vez mais estanques, compactos e dependentes dos sistemas de ventilação, sendo que estes acumulam toxinas que criam condições propícias ao desenvolvimento de bactérias, fungos e outros microrganismos que contribuem negativamente para a saúde humana.

O conceito de qualidade ambiental nos edifícios está ligado à questão de se proporcionar aos ocupantes as condições necessárias de habitabilidade, utilizando-se racionalmente os recursos disponíveis, ou seja, o produto arquitectónico deve corresponder às condicionantes do meio envolvente, assim como às questões sociais, culturais e económicas.

Na Figura 60 apresentam-se os quatro principais aspectos que influenciam o conforto e a saúde dos ocupantes de um edifício e que irão ser abordados nesta secção, apesar de existirem outros factores.

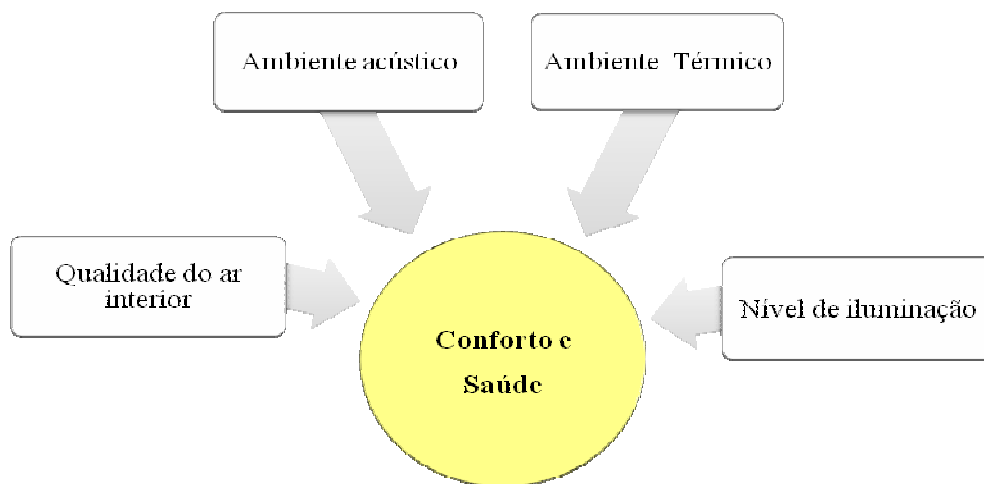


Figura 60: Factores que influenciam o conforto e a saúde dos ocupantes dos edifícios

Neste capítulo, pretende-se compreender a interacção entre os factores supramencionados e de que modo estes afectam o ser humano.



B.2. Ambiente Térmico

O ambiente envolvente tem um efeito físico e psicológico no ser humano e é, por isso, de grande importância para o projecto de edifícios. Deste modo, é necessário conhecer o modo como o corpo humano reage termicamente às condições que o rodeiam e qual o conjunto de condições, a nível do projecto, que permitem amenizar o desconforto dos utilizadores.

O Homem é um ser homeotérmico, ou seja, para sobreviver necessita que a temperatura interna do seu organismo permaneça constante (37°C), o que o leva a uma procura constante de equilíbrio térmico entre si e o meio envolvente. Sendo que é pelo uso do oxigénio que o organismo promove a queima das calorias existentes nos alimentos (processo conhecido como metabolismo), transformando-as em energia e gerando assim o calor interno do corpo humano. Contudo, existem sempre trocas térmicas entre o corpo humano e o meio envolvente.

As trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente que o envolve ocorrem através da transferência de calor do corpo mais quente para o corpo mais frio, até se estabelecer a igualdade de temperaturas. Estas transferências podem ser de quatro tipos, tal como ilustrado na Figura 61.

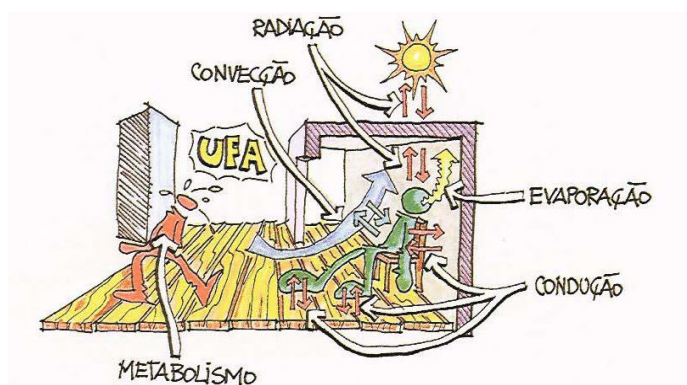


Figura 61: Trocas térmicas entre o corpo humano e o meio envolvente (fonte: Lambert *et al*, 1997)

Devido às trocas térmicas podem ocorrer ganhos ou perdas de calor para o ar que rodeia um indivíduo, resultando num aumento ou diminuição da temperatura interna do organismo. Deste modo, para compensar os ganhos ou perdas de calor, o corpo humano dispõe de mecanismos que têm por finalidade manter a temperatura constante (mecanismos termo reguladores).

Sob a acção do frio, os mecanismos termo reguladores são activados com o intuito de evitar perdas térmicas do corpo ou aumentar a produção interna de calor. O primeiro mecanismo a ser activado é a vasoconstricção periférica, ou seja, os vasos capilares da pele contraem-se, enquanto que os mais próximos dos órgãos se dilatam. Desta forma, a pele arrefece atingindo uma temperatura próxima à do meio envolvente, evitando perdas de calor por radiação e convecção. O segundo mecanismo activado na presença do frio são os arrepios. O movimento muscular que provoca os arrepios aquece a pele por atrito, além de aumentar a sua rugosidade, evitando perdas de calor por convecção. Contudo, se após os arrepios, o frio continuar agressivo, haverá um aumento do metabolismo, que poderá se manifestar pelo tremor dos músculos e assim o calor produzido internamente será maior, compensando as perdas do organismo para o meio envolvente (Almeida & Silva, 2009).

Pode-se traçar uma situação semelhante para a acção do calor, em que o primeiro mecanismo a ser activado é a vasodilatação periférica, fazendo aumentar a temperatura da pele e incrementando perdas de calor por convecção e radiação. O suor é o segundo mecanismo a ser activado, sendo também um dos mais importantes para a sensação de conforto térmico.

A Figura 62, sintetiza o que foi abordado no parágrafo anterior acerca dos principais mecanismos de transferência de calor no corpo humano.

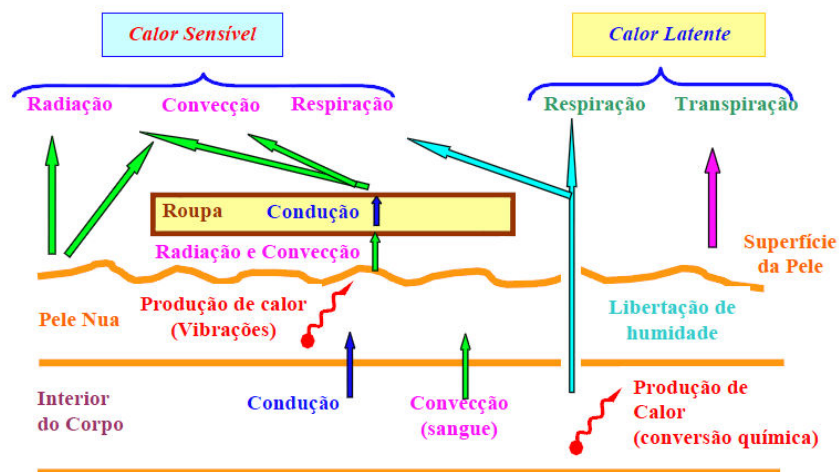


Figura 62: Principais mecanismos termo reguladores do corpo humano (fonte: Almeida & Silva, 2009)

Quando o ser humano consegue ter a percepção psicológica destes mecanismos e perceber a importância do equilíbrio térmico, pode-se falar de conforto térmico. A norma ISO 7730 define o conforto térmico como o estado de espírito em que um indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico que o envolve. Logo, o conforto é uma sensação subjectiva que depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais dos ocupantes.

O conforto térmico é influenciado pelo ambiente termo-higrométrico que rodeia o corpo humano, sendo determinado pelo balanço de energia térmica entre o corpo humano e o ambiente circundante (Mateus, 2009). A sensação de conforto térmico depende da conjugação e influência de seis parâmetros (ISO 7730):

- A temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, ou seja, o calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e as suas perdas são menores quando a temperatura do ar está elevada ou maiores quando a temperatura está mais baixa. Esta variável influencia os processos de transferência de calor por convecção e evaporação.
- A temperatura média radiante influencia a troca de calor sob a forma de radiação entre um indivíduo e as superfícies circundantes.
- A humidade relativa caracteriza-se pela quantidade de vapor de água contida no ar, afectando a perda de calor e influenciando os processos por evaporação.
- A velocidade do ar influencia o ritmo de transferência de calor entre o corpo e o ar que o circunda, nomeadamente por convecção e evaporação.
- A resistência térmica da roupa caracteriza-se pela troca de calor entre a pele e a roupa, que por sua vez troca calor com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação. Quanto maior for a resistência térmica da roupa, menor serão as trocas de calor do organismo com o meio. A unidade de medida utilizada é o “Clo”, que deriva da palavra de origem inglesa “clothing”, sendo $1\text{Clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$. O valor da resistência térmica da roupa pode ser determinada pela combinação das diversas peças de vestuário, ou seja, a partir do somatório das respectivas resistências térmicas, acrescido de um factor de sobreposição de 0,82. A Tabela 14 resume as resistências térmicas de algumas peças de vestuário.

Tabela 14: Resistência térmica de peças de vestuário (fonte: ISO 7730-1984 “Moderate Thermal Environments”; Almeida & Silva, 2009)

Homem		Mulher	
Roupa interior leve	0,14	Roupa interior leve	0,05
Camisa: Leve, manga curta	0,14	Blusa: Leve	0,20
Leve, manga comprida	0,22	Pesada	0,29
Pesada, manga comprida	0,29	T-shirt	0,09
Com gravata	+5%	Vestido : Leve	0,17
T - shirt	0,09	Pesado	0,63
Colete: Leve	0,15	Saia: Leve	0,10
Pesado	0,29	Pesado	0,22
Calças: Leves	0,26	Calças: Leves	0,26
Médias	0,32	Médias	0,32
Pesadas	0,44	Pesadas	0,44
Camisola: Leve	0,20	Camisola: Leve	0,17
Pesada	0,37	Pesada	0,37
Casaco: Leve	0,22	Casaco: Leve	0,17
Pesado	0,49	Pesado	0,37
Meias e Sapatos	0,07	Meias e Sapatos	0,05

- A actividade metabólica é o processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos, ou seja, através do metabolismo o organismo adquire energia. Quanto maior a actividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo. A unidade utilizada para quantificar esta variável é o “Met”, que deriva da palavras inglesa “metabolism”. Sendo que 1 Met corresponde à produção de 58,15 Watts por metro quadrado de área de superfície do corpo humano. No entanto, quando se avalia a actividade metabólica de um indivíduo não é apenas a actividade instantânea que deve ser considerada, mas também o valor médio das diferentes actividades exercidas durante um determinado intervalo de tempo. A Tabela 15 apresenta as actividades metabólicas típicas para variadas actividades.

Tabela 15: Actividades metabólicas típicas para várias actividades (fonte: EN ISO 7730)

Actividade	W/m ²	Met
Pessoa a descansar ou à - vontade		
A dormir	40	0,7
Sentado, relaxado	60	1,0
Caminhar em terreno plano		
3,2 Km/hr (0,89 m/s)	115	2,0
4,8 Km/hr (1,34 m/s)	150	2,6
6,4 Km/hr (1,79 m/s)	220	3,8
8 Km/hr (2,22 m/s)	337	5,8



Tabela 15 (cont.): Actividades metabólicas típicas para várias actividades (fonte: EN ISO 7730)

Actividade	W/m ²	Met
Marcha a subir (4Km/hr = 1,1 m/s)		
5% gradiente	206	3,6
15% gradiente	349	6,1
Actividades de Escritório, Escolar, Laboratório		
Ler, sentado	55	1,0
Escrever	60	1,0
Dactilografar	65	1,1
Arquivar, sentado	70	1,2
Arquivar, em pé	80	1,4
Circular	100	1,7
Levantar, embalar	120	2,1
Conduzir, Pilotar		
Carro	60 – 115	1,0 – 2,0
Avião, rotina	70	1,2
Avião, aterrar com instrumentos	105	1,8
Avião, combate	140	2,4
Veículos pesado	185	3,2
Actividades várias		
Cozinhar	95 – 115	1,6 – 2,0
Limpar a casa	115 – 200	2,0 – 3,4
Sentado, movimentando as pernas	130	2,2
Actividades de lazer diversas		
Dançar, social	140 – 255	2,4 – 4,4
Ginástica / exercício	175 – 235	3,0 – 4,0
Ténis, singulares	210 – 270	3,6 – 4,0
Basquetebol	290 – 440	5,0 – 7,6
Luta livre, competição	410 – 505	7,0 – 8,7

A avaliação de um ambiente com base na avaliação individual de cada um dos parâmetros anteriores é um processo bastante complexo. Por essa razão foram encetados alguns esforços para simplificar o processo, através do desenvolvimento de índices que consideram uma ou mais das variáveis enumeradas anteriormente (Mateus, 2009).

Actualmente, o modelo mais aceite a nível internacional para a avaliação do ambiente térmico, e que se encontra descrito na norma ISO 7730, foi proposto por Fanger em 1972. Fanger utilizou uma escala psico-fisiológica do conforto constituída por sete patamares, desde -3 (muito frio) até 3 (muito quente), representando zero a neutralidade térmica, tal como descrito na Tabela 16.



Tabela 16: Escala de conforto térmico (fonte: EN ISO 7730)

-3	Muito frio	
-2	Frio	Desconfortável devido ao frio
-1	Ligeiramente frio/fresco	
0	Neutro/confortável	Satisfeito
1	Ligeiramente quente/morno	
3	Quente	Desconfortável devido ao calor
3	Muito quente	

Nas suas avaliações experimentais, Fanger efectuou a medição objectiva dos parâmetros físicos definidores do ambiente térmico, de forma a determinar a acumulação energética do corpo humano, e relacionou esses resultados com a avaliação subjectiva fornecida pelos ocupantes, que indicaram o seu nível de conforto de acordo com a escala de Gagge (Mateus, 2009).

A partir deste modelo e do estudo realizado, que consideram todos os parâmetros identificados anteriormente, foram desenvolvidos dois índices:

- PMV (Predicted Mean Vote) ou Voto Médio Previsível;
- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) ou Percentagem Previsível de Insatisfeitos.

O valor do índice PMV consiste num valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e a calor. O valor do índice PPD permite prever o número de pessoas que estão insatisfeitas com o ambiente térmico, considerando-se insatisfeitas as pessoas que votam - 3, -2, 2 e 3. Tal como se pode observar na Figura 63, o valor do índice PPD varia de forma gaussiana com o valor de PMV.

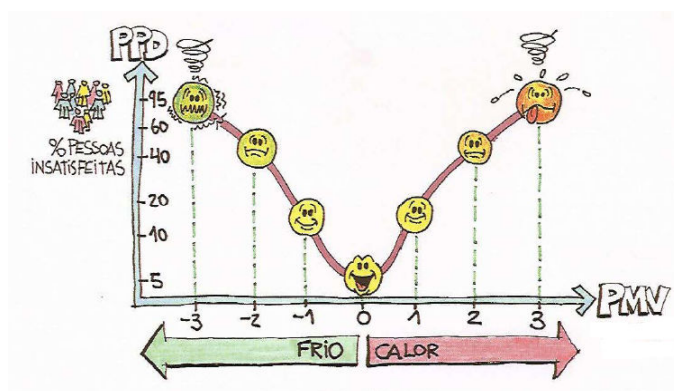


Figura 63: Relação entre os índices PMV e PPD (fonte: Lamberts *et al*, 1997)

Devido a diferenças individuais no modo como as pessoas percebem o ambiente, mesmo para uma condição de PMV igual zero, correspondente à neutralidade térmica para a maior parte das pessoas, o índice PPD apresenta valores de 5%, o que significa que mesmo com a optimização de todos os parâmetros que influenciam o conforto térmico é impossível criar um ambiente que agrade a 100% dos seus ocupantes (Mateus, 2009).

Para se amenizar o desconforto dos utilizadores será necessário criar um conjunto de condições, a nível de projecto, que permitam proteger os seus ocupantes das condições exteriores adversas, tais como, temperaturas extremas, vento, chuva e ruído, e assim garantir um bom ambiente no interior. Em primeiro lugar será necessário que a equipa de projecto adapte o edifício ao clima, protegendo os seus ocupantes contra as condições extremas que se observam no exterior, sem criar condições de desconforto no interior.

Os edifícios mal adaptados são o motivo pelo qual existe a ideia de que é necessário um elevado consumo energético para se obterem condições de conforto. Para que a equipa de projecto consiga um bom desempenho do edifício por forma a maximizar as condições de conforto dos



utilizadores será necessário considerar a aplicação de medidas construtivas, nomeadamente (Almeida & Silva, 2009):

- O uso de ventilação geral e climatização;
- O uso de exaustores em postos de elevada libertação de calor;
- A instalação de refrigeradores para o ar renovado;
- A utilização de ventoinhas;
- O isolamento, recolocação ou substituição de equipamentos produtores de calor;
- A utilização de equipamentos que permitam reduzir a carga de calor metabólico;
- O uso de chaminés aspiradoras, que evacuem o ar quente por convecção natural;
- A protecção de paredes opacas (tectos em particular);
- A protecção das superfícies envidraçadas;
- A cor, o tipo e a textura de acabamentos exteriores, pois têm influencia na absorção de calor.

Contudo, existem aspectos que se encontram fora do âmbito de aplicação da equipa de projecto, e dependem única e exclusivamente do utilizador do edifício, tais como, a utilização de vestuário adequado ao clima.

B.3. Conforto visual

A luz é a manifestação visual da energia, o que significa que a sua compreensão está intimamente relacionada com as sensações humanas, em particular com a visão. Por este motivo a resposta humana à luz é subjectiva (Almeida & Silva, 2009).

A análise do conforto visual em edifícios é geralmente efectuada mediante a avaliação de determinados parâmetros e grandezas, como as iluminâncias, as luminâncias, as reflectâncias, o contraste e o encandeamento.

A luz é uma porção do espectro electromagnético que se encontra entre a radiação ultravioleta e a infravermelha e que corresponde à radiação electromagnética à qual o olho humano é sensível, possuindo um comprimento de onda que se situa aproximadamente entre os 380 e os 780 nanómetros (Mateus, 2009). Para além da luz visível, o espectro de radiação electromagnética é composto por outras ondas electromagnéticas, tal como ilustra a Figura 64.

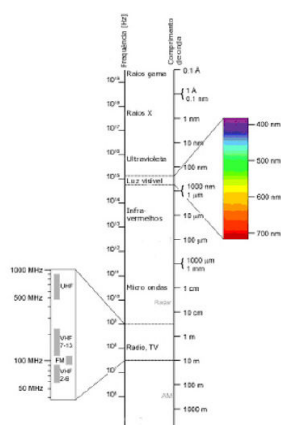


Figura 64: Espectro da radiação electromagnética (fonte: Mateus, 2009)

Cada onda com a respectiva frequência é captada pela visão e é interpretada pelo cérebro humano como uma cor. As cores constituem respostas subjectivas, fisiológicas e psicológicas do ser humano a frequências numa banda limitada. A cor não é uma propriedade da luz, mas sim uma manifestação electroquímica do sistema sensorial, olho, nervos e cérebro.



A luz natural é a radiação electromagnética no campo visível que é emitida pelo sol e que chega à superfície da terra. A iluminação natural é um dos mais importantes factores a ter em conta na definição do ambiente interior dos edifícios, não só para garantir a visibilidade no espaço, mas também para assegurar a realização adequada e confortável das actividades quotidianas.

Os olhos não respondem aos estímulos externos de um modo passivo, adaptando-se aos níveis de luminosidade existentes no ambiente. Perante esta situação, o conforto visual é então entendido como a existência de um conjunto de condições num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver as suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço e com menor risco de prejuízos à visão.

A consideração na fase de projecto, dos aspectos fundamentais da iluminação é a medida mais efectiva no controle das qualidades visuais dos ambientes interiores. Um bom projecto de iluminação requer que seja dada igual atenção à quantidade de luz disponível bem como à sua qualidade (Figura 65).



Figura 65: Iluminação natural e incorporação na envolvente natural de uma construção

Contudo, para a existência de conforto visual, serão necessários alguns requisitos e condições, sendo os mais relevantes os seguintes:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Ausência de ofuscamento e encadeamento;
- Contrastes adequados;
- Bom padrão e direcção de sombras.

A iluminação natural apresenta-nos claras vantagens, nomeadamente: o facto de utilizar uma fonte de energia renovável e gratuita; a qualidade da luz solar ser dinâmica (mudando ao longo do dia e do ano), estando a visão humana desenvolvida de modo a se adaptar de forma natural a estas mudanças; o grande potencial de iluminação sem necessidade de recorrer à energia eléctrica auxiliar; a quantidade de luz disponível que alcança altos níveis de iluminância, maiores do que os praticáveis com luz eléctrica, durante o dia e em grande parte do ano; a sustentabilidade económica; a eficácia luminosa da luz natural; e promover a satisfação das necessidades biológicas e psicológicas dos ritmos naturais, através da ligação com o ambiente exterior, das radiações externas e das condições do céu (OA, 2001).

O correcto aproveitamento da iluminação natural nos edifícios pode contribuir para a eficiência energética, assim como para o conforto visual e para o bem estar dos utilizadores (Figura 66). Logo, as estratégias de aproveitamento da iluminação natural devem abranger o potencial de ganhos térmicos e sua conservação, a economia de energia ao substituir a iluminação artificial e os benefícios mais subjectivos decorrentes da utilização da luz natural em vez da luz artificial.





Figura 66: Solução para o aproveitamento da luz natural (fonte: Jewson, 2011)

Deste modo, no projecto de iluminação natural devem ser tidos em consideração vários aspectos específicos, tendo em vista o sucesso das estratégias referidas anteriormente, nomeadamente:

- A quantidade de luz necessária no desempenho das tarefas visuais;
- O conforto visual na realização dessas tarefas;
- A avaliação dos impactes energéticos decorrentes do aproveitamento da luz natural;
- Os aspectos subjectivos e psicológicos associados ao ambiente que nos rodeia.

É muito importante equilibrar a qualidade e a quantidade de iluminação num ambiente, bem como escolher adequadamente a fonte de luz natural e/ou artificial.

O uso preferencial da luz natural permite ao ser humano uma maior tolerância à variação do nível de iluminação. Por outro lado, a iluminação insuficiente pode provocar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade.

Um bom sistema de iluminação possui um conjunto de elementos, a grande maioria dos quais deve ser incorporada no projecto do edifício, logo na fase inicial, o que pode ser conseguido através da consideração dos elementos seguintes em relação à incidência de luz natural no edifício:

- A orientação, organização e geometria dos espaços que é necessário iluminar;
- A localização, forma e dimensões das aberturas através das quais a luz vai entrar;
- A localização e propriedades das superfícies de compartimentação do interior dos compartimentos, que reflectem a luz e têm um papel importante na sua distribuição;
- A localização, forma e dimensões, etc., de dispositivos fixos ou móveis que permitem controlar/proteger do excesso de luz e do encandeamento;
- As características térmicas e de transmissão de luz dos materiais dos envidraçados.

O tipo e a orientação dos vãos envidraçados são uma questão muito importante do ponto de vista do aproveitamento da iluminação natural. Ao nível da orientação, os envidraçados a Norte permitem o aproveitamento de luz natural de qualidade e consistente (sem grande variabilidade ao longo do dia e do ano) com ganhos térmicos mínimos de verão, mas com perdas térmicas significativas nos períodos frios. Esta é ainda a opção mais adequada quando se pretende excluir a radiação solar directa.

Os envidraçados a Sul permitem o acesso a uma iluminação natural forte e contrastante, embora com variações significativas de intensidade ao longo do dia e do ano, contribuindo para um sombreamento desejável e relativamente fácil de assegurar; e permitindo o controlo da radiação solar quando o sol está alto, assim como o seu aproveitamento durante as estações frias. Os envidraçados a Este e a Oeste proporcionam iluminação natural desigual ao longo dos períodos do dia, podendo, no entanto, o sombreamento (que é problemático), ser essencial para se garantirem condições de conforto (térmico e visual). Esta situação é mais relevante a Oeste devido aos elevados ganhos solares térmicos durante toda a estação de arrefecimento e



eventualmente durante parte significativa da estação de aquecimento. Por fim e não menos importante, os envidraçados horizontais são os mais expostos à radiação solar directa no Verão, justificando atenção particular no controlo dos ganhos solares, podendo a exposição durante os períodos de inverno ser considerada equivalente às das orientações nascente e poente.

Tabela 17: Dispositivos de aproveitamento da luz natural e as vantagens (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

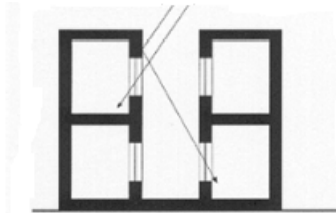
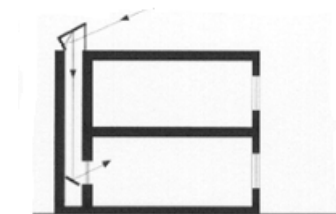
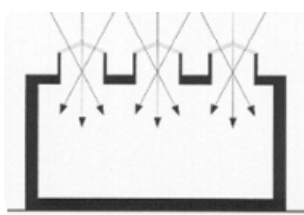
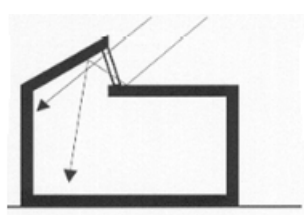
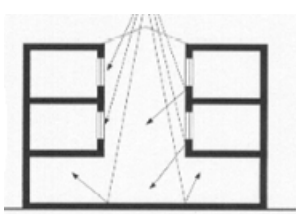
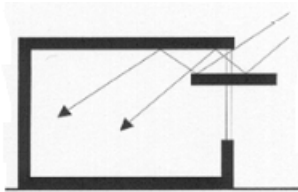
Dispositivos	Vantagens
	<p>Poço de luz</p> <ul style="list-style-type: none"> • É um dispositivo de aproveitamento da iluminação natural particularmente útil na sua disponibilização em zonas dos edifícios afastadas da envolvente exterior; • Em princípio, a sua eficácia é reduzida, mas pode ser útil como complemento de outros sistemas.
	<p>Luminoductos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os lumiductos (e as suas variantes: ducto-solar, ducto de luz, etc.) são dispositivos de aproveitamento de iluminação natural tecnologicamente avançados que permitem a captação de luz natural (e/ou radiação solar) e a sua condução para zonas e espaços interiores dos edifícios que não estejam directamente ligados à envolvente exterior; • As suas superfícies interiores são revestidas por materiais de elevadas reflectâncias.
	<p>Clarabóias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma clarabóia é uma abertura situada numa cobertura horizontal ou inclinada; • As clarabóias permitem a entrada de luz natural aos espaços abaixo; • Podem ser abertas para permitirem ventilação; • São essencialmente usadas em grandes espaços públicos, espaços de circulação, etc..
	<p>Aberturas Zenitais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permitem a entrada zenital da luz natural para os espaços inferiores; • Por vezes, dispõem de protecções contra a radiação solar directa e/ou difundindo-a para espaços inferiores; • Pode proporcionar ventilação natural, mas não fornece vista para o exterior; • Aumenta os níveis luminosos no interior, geralmente através de luz difusa.
	<p>Átrio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um átrio é um espaço encerrado lateralmente pelas paredes (fachadas) de um edifício e coberto por materiais transparentes ou translúcidos; • É um espaço interior de permanência de um edifício e que permite a entrada e a distribuição da luz natural para outros espaços interiores ligados ao átrio; • Elementos de controlo ajustáveis podem ser adicionados aos componentes de transmissão de modo a evitarem-se problemas de sobreaquecimento.



Tabela 17 (cont.): Dispositivos de aproveitamento da luz natural e as vantagens (fonte: adaptado de Almeida & Silva, 2009)

Dispositivos	Vantagens
	Palas reflectoras <ul style="list-style-type: none"> São geralmente colocadas horizontalmente, acima da linha de visão num componente de transmissão vertical, dividindo o vão envidraçado em duas secções, uma inferior, geralmente denominada abertura de visão e uma superior, normalmente denominada abertura de iluminação natural; As palas reflectoras protegem as zonas interiores próximas das janelas contra a radiação solar directa e redireccionam a luz que atinge a parte superior da pala para o interior na direcção do tecto; Proporcionam sombra no Verão e tornam a distribuição de luz natural no interior mais uniforme; A parte superior da pala deve possuir um acabamento de elevada reflectância (espelhado, de alumínio ou materiais altamente polidos); Possuem uma eficácia máxima para orientações a Sul.
	Componentes prismáticos <ul style="list-style-type: none"> Um elemento de controlo prismático colocado num componente de transmissão, redirecciona a luz devido às suas propriedades ópticas e geométricas; A luz natural é redireccionada pelos painéis prismáticos, modificando a direcção dos feixes de luz consoante o ângulo de incidência desses feixes; Podem possuir diferentes comportamentos opto-geométricos consoante as necessidades específicas de cada aplicação; Pode ser operável permitindo ventilação natural; As suas fracas propriedades de transparência visual restringem o seu uso em aberturas para visão; Pode ser de vidro, policarbonato, acrílico ou poliéster em várias formas.

O conforto visual é o principal determinante nas necessidades de iluminação no interior dos edifícios. A obtenção de um ambiente luminoso interior confortável depende essencialmente da quantidade, da distribuição e da qualidade da luz nesse espaço. A distribuição da luz num determinado espaço deve ser de tal ordem que diferenças excessivas em luz e sombra sejam evitadas, pois podem causar perturbações no desempenho visual dos ocupantes. Os vãos envidraçados e os dispositivos de iluminação artificial devem também ser localizados de modo a que o encandeamento seja minimizado.

Embora o olho humano seja um órgão extraordinariamente adaptável, só consegue desempenhar correctamente as funções visuais dentro de uma gama de níveis de iluminâncias relativamente limitada. Os valores de iluminâncias recomendadas para diferentes tipos de actividades, são tabelados e do conhecimento dos profissionais do projecto de edifícios, fornecendo indicações quanto aos valores mínimos das iluminâncias necessárias para um adequado desempenho das várias tarefas visuais em condições de conforto para os ocupantes.

Em Portugal não existe qualquer regulamento que foque a qualidade da luminosidade no interior dos edifícios. A nível Europeu, a norma EN 12464-1 recomenda níveis mínimos de iluminância para os espaços interiores de edifícios, em função das tarefas que são executadas pelos seus ocupantes. Os valores de iluminância recomendados por esta norma encontram-se apresentados na Tabela 18.



Tabela 18: Exemplos de valores de iluminância recomendados pela norma EN 12464-1 para os compartimentos de diversos tipos de edifícios (fonte: EN 12464-1, 2002)

Tipo de edifício	Compartimento	Iluminância nas áreas de trabalho (lx)	Distância ao solo do plano de referência (m)
Serviços	Escritórios individuais	500	0,8
	Escritórios “open space”	500	0,8
	Salas de reuniões	500	0,8
Escolares	Salas de aula	300	0,8
	Salas de aula para educação sénior	500	0,8
	Auditórios		0,8
Desportivos	Área de desporto	300	0,1
Comerciais	Área de vendas	300	0,8
	Exposição	500	0,8
Locais de circulação	Corredores	100	0,1
	Escadas	150	0,1

Na Tabela 19 referem-se as recomendações da CIE (Comissão Internacional de Iluminação), quanto aos níveis de iluminâncias para vários tipos de actividades. Os valores recomendados pela CIE são geralmente adoptados pelas comissões de iluminação nacionais e têm vindo a ser usados como valores de referência, podendo ser considerados como bons parâmetros de trabalho.

Tabela 19: Iluminâncias recomendadas para diversos tipos de actividade, segundo a CIE (fonte: CIE, 1975)

Domínios	Iluminâncias recomendadas (lx)	Tipo de actividade
Iluminação geral para áreas pouco utilizadas ou com poucas exigências do ponto de vista das tarefas visuais	20 – 50	Áreas públicas com zonas circundantes “escuras”.
	50 – 100	Orientação simples apenas para visitas temporárias de curta duração
	100 - 200	Compartimentos usados em actividades não contínuas (áreas de armazenagem, vestíbulos, átrios, etc.)
Iluminação geral em zonas interiores com exigências do ponto de vista das tarefas visuais	300 – 500	Tarefas com exigências visuais limitadas (trabalho com máquinas de pouca precisão, anfiteatros, etc.)
	500 – 1000	Tarefas de exigências visuais normais (salas de aula, gabinetes, trabalho com máquinas de precisão média)
	1000 – 2000	Tarefas de exigências visuais especiais (salas de desenho, gabinetes de arquitectura, tarefas de inspecção de materiais, etc.)
Iluminação adicional para o desempenho de tarefas visuais que exijam grande exactidão	3000 – 5000	Tarefas que exijam um desempenho visual de elevada exactidão, durante um período longo (fábrica de relógios, indústria electrónica, outras actividades de precisão, etc.)
	5000 – 7500	Tarefas visuais que exijam um desempenho visual excepcionalmente exacto (micro-electrónica, etc.)
	10000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais (cirurgias, etc.)



Os envidraçados são uma peça chave em todo o processo de iluminação, porque normalmente, a quantidade de iluminação natural disponível num compartimento de uma habitação está directamente relacionada com a área envidraçada das aberturas para o exterior e com as suas propriedades.

A escolha dos envidraçados deve ser realizada tendo em conta os seguintes factores:

- Embora seja uma solução inicialmente mais cara, a escolha de vidros duplos isolantes permite aumentar o conforto térmico nas zonas próximas aos envidraçados;
- Ter em consideração as características climáticas da zona de implantação do edifício, a orientação e dimensões dos envidraçados;
- Outros aspectos importantes, que devem condicionar a escolha dos envidraçados, são as diferentes exigências consoante a orientação dos vãos. Em regiões cujo clima é dominado por um Verão quente e longo, e um Inverno não muito rigoroso, os vãos envidraçados orientados a Sul, a Este, e principalmente a Oeste, podem contribuir de um modo mais positivo para as necessidades de arrefecimento. A protecção para vãos orientados a Sul também é importante, mas como podem ser mais fácil e eficazmente protegidos por dispositivos de protecção solar exteriores, a necessidade de controlo solar através dos envidraçados pode não ser tão premente. Todavia, caso não existam protecções exteriores (ou caso não sejam as mais eficazes), a orientação Sul deve também ser considerada como prioritária na protecção solar mediante a utilização de vidros de baixo factor solar (Almeida & Silva, 2009).
- Outra das questões que pode influenciar de modo decisivo a escolha dos envidraçados, são os regulamentos. No caso português, o RCCTE (Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios) e o RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios) impõem uma série de limitações que podem ser ultrapassadas se forem utilizados vidros de melhor qualidade.

Uma outra questão importante a considerar será a definição da iluminação artificial, onde é necessário repensar cada componente do sistema (lâmpadas, luminárias, reactores) que têm desempenho e qualidades diferentes, dependendo do tipo de tecnologia empregue no seu fabrico. A eficiência do sistema de iluminação artificial adoptado no projecto depende do desempenho particular de todos os elementos envolvidos, bem como da integração feita com os sistemas de iluminação natural.

A maioria dos espaços utilizados pelo Homem necessitam abundantemente de luz. A luz natural é qualitativamente superior à luz artificial, pelas razões anteriormente apresentadas. A luz natural permite ao Homem a percepção espaço-temporal do local onde se encontra, ou seja, as intensidades de luz, as sombras e a reprodução das cores constituem informações fundamentais ao funcionamento do seu relógio biológico.

A iluminação artificial permite desenvolver actividades em momentos em que a luz natural não é suficiente, como à noite, por exemplo. Tudo isto contribui para que a equipa de projecto pense na forma mais harmoniosa de integrar e interagir a luz natural e a luz artificial. Assim, além de conceberem ambientes mais agradáveis, a equipa projectista tornará o seu projecto mais eficiente e ambicioso em relação ao consumo de energia eléctrica.

B.4. Ambiente acústico

Embora as ondas sonoras se transmitam através de vários meios, para o ouvido humano o importante é analisar a propagação das mesmas no ar. Assim, e neste meio físico, as ondas sonoras são variações de pressão dentro da pressão atmosférica, provocadas por excitações às partículas do ar, que fazem alternar baixa/alta pressão, assumindo diferentes frequências e intensidades captáveis pelo ouvido humano (Mateus, 2009).



A intensidade de um som é então definida pelo valor da diferença entre ondas de baixa/alta pressão, sendo a sua frequência determinada pelo número de oscilações de pressão por unidade de tempo.

É através do ouvido interno que a captação e interpretação de um som, quanto à sua intensidade e frequência, é processada pelo ser humano, que envia posteriormente a informação ao cérebro, sendo que fisiologicamente está mais preparado para receber e sentir os sons entre os 125 e os 4000 Hz (frequência da voz), podendo ocorrer lesões auditivas quando o nível de pressão ultrapassa os 100 Pa (Mateus, 2009).

O nível sonoro a que o ser humano está exposto encontra-se intimamente relacionado com o seu conforto acústico, pelo que quanto maior for a intensidade do som, maior será o desconforto. Existem diversos estudos que comprovam a relação do ruído (som indesejado) com distúrbios fisiológicos e psicológicos.

Assim, e porque nas grandes cidades o Homem está cada vez mais exposto a altos níveis de ruído, assiste-se a crescentes esforços para controlo da poluição humana e aumento da qualidade acústica dos edifícios.

Neste sentido, em Portugal, a norma NP 1730:1996 define os requisitos caracterizadores do ambiente sonoro no interior/exterior dos edifícios. Esta norma subdivide-se em três partes, começando por estabelecer as grandezas que medem o ruído ambiente, assim como os procedimentos que os determinam. De seguida, estipula os métodos para a recolha de dados que possibilitam descrever o ruído ambiente numa determinada área. E por fim define como especificar os limites do ruído e como conseguir a obtenção de elementos que permitam confrontar um determinado ruído com os limites estipulados (Mateus, 2009).

Contrariamente a outros países, onde na avaliação da qualidade acústica de um edifício são considerados os níveis de pressão sonora, em Portugal a legislação vigente não compreende esse requisito. A avaliação é feita apenas pela análise do isolamento acústico dos elementos construtivos da envolvente e do acondicionamento acústico de determinados compartimentos. Os valores dos níveis de pressão recomendados por esta norma encontram-se apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Valores recomendados para o nível de pressão sonora em espaços interiores de alguns tipos de edifícios, a adoptar na fase de projecto (fonte: EN 15251:2007)

Tipo de edifício	Tipo de compartimento	Nível de pressão sonora [dB(A)]
		Gama de valores recomendados
Residencial	Sala de estar	25 a 40
	Quarto	20 a 35
Instituições de apoio a crianças	Infantários	30 a 45
	ATL	30 a 45
Locais de assembleia	Auditórios	30 a 35
	Livrarias	28 a 35
	Cinemas	30 a 35
	Tribunais	30 a 40
	Museus	28 a 35
Hotel	Lobbies	35 a 45
	Recepção	20 a 35
	Quartos, noite	25 a 35
	Quartos, dia	30 a 40
Desportivo	Estádios cobertos	35 a 50
	Piscinas	40 a 50



Tabela 20 (cont.): Valores recomendados para o nível de pressão sonora em espaços interiores de alguns tipos de edifícios, a adoptar na fase de projecto (fonte: EN 15251:2007)

Tipo de edifício	Tipo de compartimento	Nível de pressão sonora [dB(A)]
		Gama de valores recomendados
Serviços	Pequenos escritórios	30 a 40
	Salas de reuniões	30 a 40
	Escritórios “open space”	35 a 45
	Cubículos	35 a 45
Restaurante	Cafetarias	35 a 50
	Salas de refeições	35 a 50
	Cozinhas	40 a 60
Escolar	Salas de aula	30 a 40
	Corredores	35 a 50
	Ginásios	35 a 45
	Salas de professores	30 a 40
Geral	Instalações sanitárias	40 a 50
	Vestiários	40 a 50

B.5. Qualidade do ar interior

A percepção da qualidade do ar está intimamente ligada ao sistema respiratório do ser humano, já que é este sistema que permite ter a percepção do cheiro. Um ar com qualidade (ausência de poluentes) e livre de maus cheiros, não causa desconforto nem problemas de saúde e está directamente relacionado com o aumento do grau de satisfação das populações no que concerne à qualidade de vida.

As crescentes preocupações com a qualidade do ar exterior fizeram-se sentir também ao nível da qualidade do ar no interior dos edifícios, já que para além de outros factores, as inúmeras exigências térmicas e acústicas tiveram como consequência edifícios menos arejados, onde as populações urbanas passam a maior parte do seu tempo.

Assim, já nos anos 70, assiste-se ao aparecimento de doenças (alergias, pneumonias, doença do legionário, abestose, entre outras) desencadeadas pela má qualidade do ar no interior dos edifícios, cuja causa era a permanência das próprias pessoas nos edifícios. Esta problemática veio dar origem ao conceito de “Síndrome do Edifício Doente”.

Os poluentes do ar mais comuns nos edifícios são (Mateus, 2009):

- O fumo do tabaco que, entre outros, liberta gases inorgânicos, metais pesados, partículas e compostos orgânicos voláteis (COVs);
- Os materiais de acabamento, como por exemplo, tintas, vernizes, espumas de isolamento e produtos derivados da madeira, que na sua constituição apresentam formaldeído e COV's;
- Os produtos utilizados na manutenção do edifício, como por exemplo, os produtos de limpeza que libertam COV's;
- Os sistemas de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controlo de humidade, pois se não forem mantidos correctamente podem provocar o desenvolvimento de agentes biológicos;
- O ser humano, que através do seu metabolismo é responsável pela libertação de bioefluentes humanos e de suores.

Na Tabela 21 encontram-se apresentados alguns poluentes do ar interior, principais fontes e respectivos efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios.



Tabela 21: Exemplos de poluentes, principais fontes e respectivos efeitos para a saúde dos ocupantes dos edifícios (fonte: Araújo, 2007)

Poluentes	Fontes	Efeitos na saúde
Agentes biológicos	Homem, carpetes, cortinados, aparelhos de climatização	Rinite, asma, alveolite alérgica extrínseca, infecções bacterianas e fúngicas
Dióxido de azoto	Fogões, aparelhos de aquecimento	Asma, infecções respiratórias
Dióxido de carbono	Respiração do homem	Dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, fadiga
Formaldeído, COVs	Tintas, vernizes, Fotocopiadoras, placas de vinil, produtos derivados da madeira	Irritação das vias áreas
Monóxido de carbono	Tabaco, aparelhos de aquecimento, fogões	Doenças cardiovasculares
PM10, PM2.5	Papel, alcatifas, carpetes e certas actividades humanas	Agravamento da asma e bronquite e estão associadas a doenças profissionais
Rádion	Radiação através da base dos edifícios	Carcinogénico

Embora a degradação da qualidade do ar dentro dos edifícios sem ventilação seja provocada, em parte, pela permanência das pessoas dentro dos mesmos, também a qualidade dos materiais de construção e as actividades que aí se desenvolvem ajudam essa mesma degradação, libertando gases e outras partículas. Contudo, a importância dos materiais na qualidade ambiental dos edifícios será focada na Secção D deste mesmo capítulo.

Assim, dada a necessidade de medir a qualidade do ar no interior dos edifícios (e por se revelar uma tarefa algo controversa, pelo facto de existirem diversos componentes que exigiam diferentes aparelhos de medição) no final dos anos 80 a ASHRAE 62, estipulou para os edifícios um número mínimo de renovações do ar, em função da dicotomia tipo de utilização/número de ocupantes previstos.

No entanto, esta norma, pecava pelo facto de considerar os ocupantes do edifício como os únicos responsáveis pela má qualidade do ar, ignorando os outros poluentes, razão pela qual se têm desenvolvidos estudos no sentido de definir com precisão os indicadores de qualidade do ar, assim como os princípios que permitissem uma boa qualidade do ar no interior de um compartimento. A Figura 67 ilustra alguns dos principais contaminantes do ambiente interior.

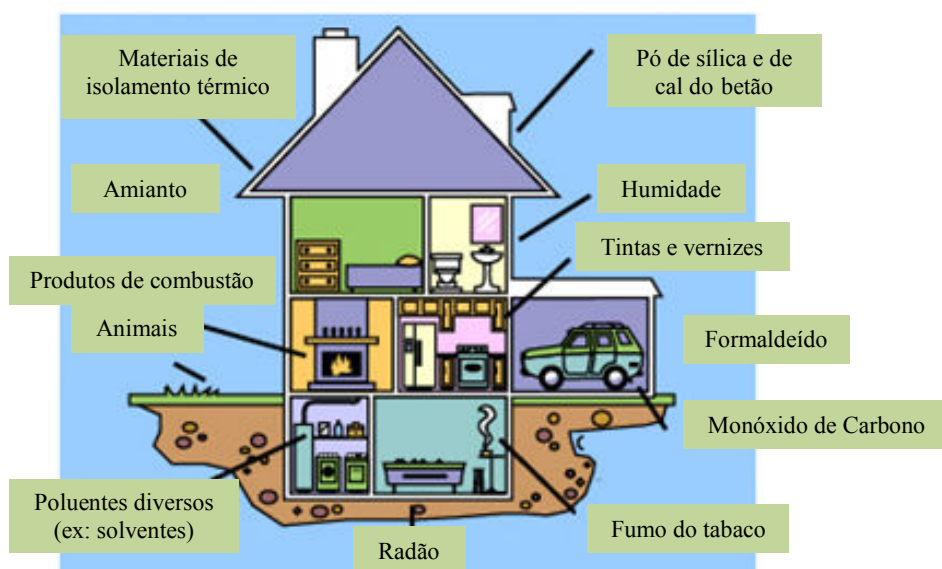


Figura 67: Principais contaminantes do ambiente interior



Contudo, e porque ainda não existe uma norma amplamente aceite para avaliação da qualidade do ar, os critérios de avaliação utilizados procuram reduzir os riscos para a saúde dos ocupantes dos edifícios e a sensação de desconforto, tomando como base, por exemplo, o nível mínimo de ventilação e a concentração máxima de CO₂.

Apesar da falta de consenso no modo como avaliar a qualidade do ar, a norma internacional EN 15251:2007, define três critérios de avaliação da qualidade do ar em recintos climatizados:

- Nível de ventilação em função dos bioefluentes libertados pelos ocupantes e das emissões libertadas pelos materiais de construção;
- Nível de ventilação em função do número de pessoas ou por metro quadrado de área útil do recinto, sendo apenas considerados os poluentes libertados pelas pessoas;
- O nível de ventilação baseado num balanço de massa e em critérios associados à concentração de CO₂.

A referida norma, para os edifícios residenciais, considera:

- Extracção de poluentes gerados em espaços onde se produz vapor (quartos de banho, sanitários e cozinhas);
- Da taxa geral de ventilação da fracção;
- Da taxa de ventilação dos quartos e salas de estar, baseada fundamentalmente na quantidade de ar novo que é insuflada.

Tabela 22: Taxas de ventilação recomendadas em fracções residenciais (fonte: EN 15251: 2007)

Categoria	Taxa de renovação		Salas de estar e quartos (principalmente insuflação de ar novo)		Exaustão de ar (l/s)		
	l/s.m2	RPH	l/s.ocupante	l/s.m2	Cozinha	Quartos de banho	Sanitários
I	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6	7	1,0	20	15	10
III	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

Em Portugal, os critérios de qualidade do ar no interior nos edifícios (QAI) estão regulamentados em dois decretos: RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006) e RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006).

No âmbito de aplicação do RCCTE, para a garantia da QAI, são impostas taxas de referência para a renovação do ar, devendo as soluções construtivas adoptadas para os edifícios ou fracções autónomas, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desses valores sob condições médias de funcionamento. Este diploma está sobretudo orientado para os edifícios ou fracções residenciais e impõe um valor mínimo nominal de 0,6 renovações por hora (RPH) do ar interior.

O RSECE está sobretudo orientado para os edifícios de serviços e as exigências vão desde a imposição, para edifícios novos, de valores mínimos de renovação de ar por espaço, em função da sua utilização, à limitação de valores máximos de concentração de poluentes – CO, CO₂, COVs, partículas, etc – até à obrigação de todos sistemas energéticos construídos ou existentes serem mantidos em condições de higiene por forma a garantir a qualidade do ar interior.



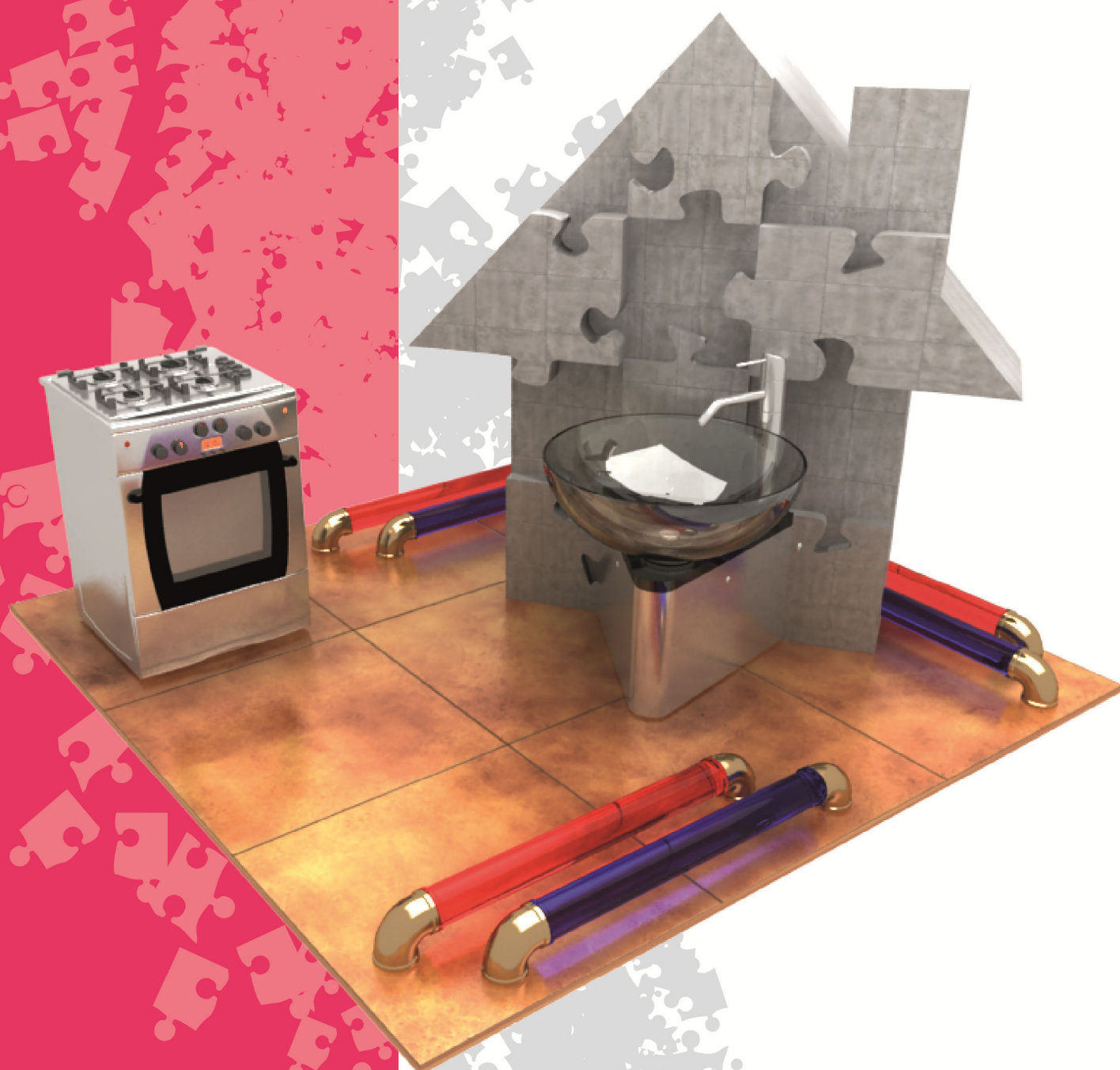
Tabela 23: Caudais mínimos de ar novo em compartimentos de diversos tipos de edifícios (fonte: RSECE, 2006)

Tipo de edifício	Tipo de actividade	Caudais mínimos de ar novo	
		[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Comercial	Salas de espera	30	
	Lojas de comércio		5
	Áreas de armazenamento		5
	Vestiários		10
	Supermercados	30	5
Escolas	Salas de aula	30	
	Laboratórios	35	
	Auditórios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitais	Quartos	45	
	Áreas de recuperação	30	
	Áreas de terapia	30	
Serviços de refeições	Salas de refeições	35	
	Cafetarias	35	35
	Bares, salas de cocktail	35	35
	Sala de preparação de refeições	30	
Empreendimentos turísticos	Quartos/suites	30	
	Corredores/átrios		5
Entretenimento	Corredores/átrios		5
	Auditório	30	
	Zona do palco/estúdios	30	
	Café/foyer	35	35
	Piscinas		10
	Ginásio	35	
Serviços	Gabinetes	35	5
	Salas de conferências	35	20
	Salas de assembleia	30	20
	Salas de desenho	30	
	Consultórios médicos	35	
	Salas de recepção	30	15
	Salas de computador	30	
	Elevadores		15



SECÇÃO C

ÁGUA







SECÇÃO C

ÁGUA

C.1. Enquadramento

A água tem uma influência decisiva na qualidade de vida das populações e é um recurso valioso e indispensável à grande maioria das actividades económicas, nomeadamente à agricultura e à indústria. Como tal, a água é um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal.

O volume total de água na Terra é de cerca de 1400 milhões de km^3 , dos quais apenas 2,5%, isto é 35 milhões de km^3 , correspondem a água doce (EWA, 2007). A maior parte desta água





encontra-se nos glaciares, não estando disponível para o consumo. Assim, os lagos, os rios, as águas no solo e os aquíferos subterrâneos, são apenas uma pequena parcela de água doce disponível para o consumo humano, o que demonstra a necessidade de utilizar de forma sustentável, as reservas de água doce ainda existentes e que têm vindo a sofrer, nos últimos 50 anos, uma drástica redução quantitativa e qualitativa. Os factores que mais têm contribuído para esta tendência são sobretudo o crescimento demográfico, a explosão industrial e a descarga directa em rios e lagos de efluentes domésticos, industriais e agro-pecuários não sujeitos a tratamento (IA, 2001). A Figura 68 sintetiza a informação acerca das quantidades de água na Terra.

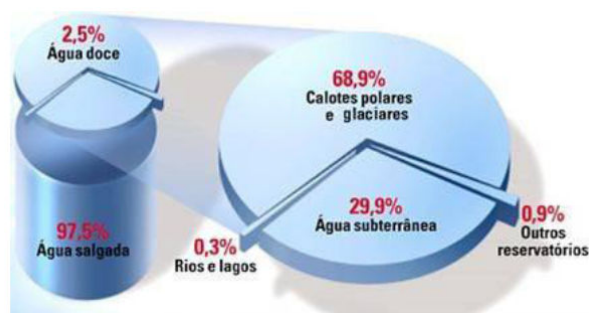


Figura 68: Quantidades de água na Terra (fonte: EWA, 2007)

A nível Europeu, segundo a Agência Europeia do Ambiente, 44% da água captada é utilizada na produção de energia eléctrica, 24% na agricultura, 21% no abastecimento público de água e 11% na indústria. Embora seja importante referir que a água captada para abastecimento público não inclui apenas o fornecimento para o sector residencial, incluindo também o abastecimento de água para pequenas empresas, hotéis, escritórios, hospitais e escolas, as famílias consomem entre 60 a 80% do abastecimento público de água em toda a Europa (EEA, 2009).

A definição de metas para o consumo de água é um importante passo que faz todo o sentido, sendo para tal necessário uma análise estatística sobre a caracterização dos consumos domésticos. Apresentam-se os dados do relatório anual da Associação Europeia da Água na Figura 69.

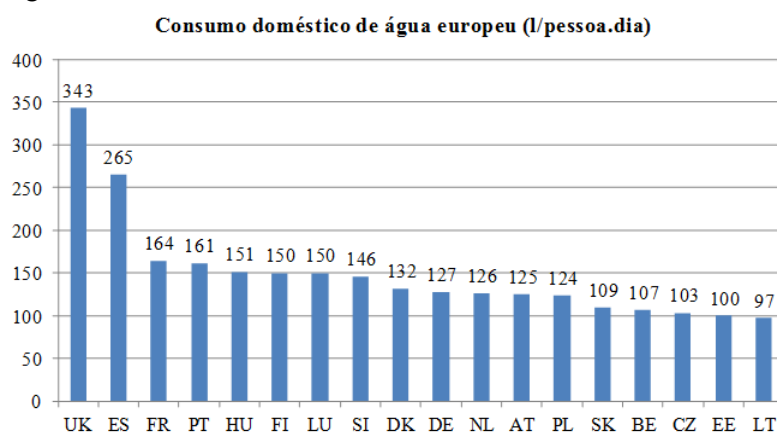


Figura 69: Consumo doméstico de água na Europa (fonte: EWA, 2007)

O sector residencial é o que mais água consome, pelo que é importante analisar e compreender em que actividades é utilizada em maior quantidade numa habitação. Contudo, existe uma grande falta de estudos actualizados e representativos, a nível nacional, de caracterização quantitativa do consumo doméstico. Em resultado de um estudo, com uma amostra limitada, apresentado por Vieira et al. (2006) estimaram-se as estruturas de consumo médias que constam na Tabela 24.



Tabela 24: Repartição dos consumos médios diários (fonte: Vieira *et al.*, 2006)

Utilizações	Consumo (l/hab.dia)			
	Edifício multifamiliar		Edifício unifamiliar	
Autoclismo	43	31 %	43	27 %
Torneiras	22	16 %	22	14 %
Banho/Duche	52	37 %	52	32 %
Máquina de lavar roupa	13	9 %	13	8 %
Máquina de lavar louça	3	2 %	3	2 %
Perdas	7	5 %	7	4 %
Exterior	-	-	20	13 %
Total (litros/hab.dia)	140		160	

Considerando o consumo de um edifício unifamiliar, pode-se verificar que os maiores consumos de água doméstica em Portugal estão relacionados com os duches (32%) e com os autoclismos (27%), representando estas actividades cerca de 59% dos consumos domésticos. No caso de edifícios multifamiliares, os consumos dos dois dispositivos referenciados anteriormente aumentam para 68% no consumo da habitação.

Se as medidas aplicadas ao consumo de água fossem rigorosas, era possível reduzir o consumo com a finalidade de produzir um futuro sustentável. Por exemplo, nos Estados Unidos estima-se que o consumo *per capita* de água das famílias típicas no país deve ser reduzida de 160 litros por dia, para cerca de 50 litros por dia (Kibert, 2005).

Tendo em conta que a água é um recurso valioso e que as suas reservas estão a diminuir notavelmente, contrariamente ao consumo que aumenta exponencialmente, é necessário impor restrições para tornar o seu uso mais eficiente. Para tal, as medidas devem ser consideradas nas diversas fases do ciclo de vida do edifício de modo a minimizar o seu consumo. No entanto, é na fase de projecto que se devem tomar as decisões que conduzem a poupanças significativas.

Apesar da maior responsabilidade no consumo de água que ocorre num edifício ser atribuída aos hábitos dos seus ocupantes, a equipa de projecto também deverá ser responsável, já que pode optar por tomar uma série de medidas que potenciem a redução dos consumos, redução das fugas e a reutilização da água (Mateus, 2009).

Num edifício, a água utilizada na fase de construção representa cerca de 0,20 m³/m² de construção, enquanto na fase de utilização, para um ciclo de vida de 50 anos, a utilização padrão situa-se entre 40 a 60 m³/m² de construção. Durante as fases de planeamento e desconstrução, o consumo de água pode ser desprezado, pois, quando comparado com as restantes fases, o seu impacto é mínimo, tal como descrito na Tabela 25 (Junnila *et al.*, 2003).

Tabela 25: Consumo de água no ciclo de vida de uma construção (fonte: Junnila *et al.*, 2003)

	Planeamento	Construção	Utilização	Demolição
Quantidades (m ³)	0	60	10 000	0
Relação (%)	0	0,6	99,4	0

Reduzindo o consumo de água na construção e pensando em novas estratégias para a reutilização das águas residuais, pode-se aumentar drasticamente a oferta disponível de água, melhorando a saúde humana e reduzindo as ameaças aos sistemas ecológicos. Para além destes benefícios, a utilização eficiente da água pode trazer ainda outras mais-valias, nomeadamente:





- Redução da produção de águas residuais: a redução do consumo de água também reduz a formação de efluentes, minimizando os custos para os proprietários dos edifícios;
- Investimentos mais baixos nas instalações: projectar edifícios eficientes em termos de água, reduz os seus custos;
- Benefícios ambientais: a redução do consumo de água traduz-se em resultados de impacto reduzido sobre os sistemas naturais;
- Valorização: proteger o meio ambiente é encarado favoravelmente pelos compradores e futuros ocupantes.

Neste sentido, torna-se necessário promover medidas que conduzam a um uso eficiente da água, garantindo os objectivos pretendidos.

C.2. Medidas para uso eficiente da água

A maior responsabilidade no consumo de água que ocorre num edifício atribui-se aos hábitos dos seus ocupantes, porém a equipa de projecto também poderá tomar uma série de opções que visem a sua redução.

A equipa de projecto deve tomar uma série de medidas que potenciem a gestão do consumo de água nos edifícios, podendo estas medidas ser organizadas em três níveis:

- Dispositivos de utilização mais eficientes;
- Reutilização das águas pluviais;
- Reutilização das águas residuais.

Deste modo, será apresentado o conjunto de medidas aplicáveis ao consumo doméstico, visando a protecção do recurso e o seu não uso desnecessário e aumentando a eficiência da utilização, inseridas nos três itens referidos anteriormente.

C.2.1. Dispositivos de utilização mais eficientes

Existem algumas medidas que ao serem consideradas nas diversas fases do ciclo de vida do edifício permitem minimizar o consumo de água, mas é na fase de projecto que se podem tomar as medidas que conduzem a poupanças mais significativas (Mateus, 2009). A medida mais importante para se reduzir os níveis de consumo de água passa pela selecção de dispositivos de utilização mais eficientes, tais como os apresentados na Figura 70.



Figura 70: Principais destinos da água nos edifícios (fonte: AGO, 2008)

A introdução eficiente destes dispositivos é um aspecto fundamental para a minimização do impacto dos edifícios nos recursos hídricos. Com a consideração de certas opções simples e pouco onerosas é possível diminuir a pressão nos recursos hídricos e reduzir os custos em água.

Porém, é importante salientar que o comportamento dos utilizadores influencia significativamente o consumo de água. Embora um edifício esteja equipado com dispositivos mais eficientes, mas se não for usado correctamente, pode ter um consumo de água elevado.



As descargas de autoclismos são responsáveis pelos maiores desperdícios de água, na medida em que variam entre os 27% e os 31% do consumo da habitação. A frequência diária de uso de um autoclismo situa-se entre as 4 e 6 descargas por habitante, para um volume médio por descarga de 9 litros, podendo a capacidade dos modelos tradicionais atingir os 15 litros (Baptista *et al.*, 2001). Note-se que na maioria das descargas não é necessário esta quantidade de água, pois não se verifica a presença de matéria fecal, pelo que a adopção de uma solução adequada resultará numa poupança bastante significativa.

Neste sentido e uma vez que no mercado existem autoclismos de dupla descarga, a substituição dos autoclismos convencionais por autoclismos deste tipo será a solução mais eficiente, já que permite poupanças bastante significativas, quando comparadas com a utilização de autoclismos tradicionais de descarga única. Apesar da substituição do autoclismo por um de menor capacidade ser a medida com maior potencial de poupança, a alteração dos hábitos de utilização do autoclismo permite reduções de consumo significativas sem ser necessário fazer qualquer investimento.

A redução do consumo associado ao autoclismo e a adequação do seu uso podem ser conseguidas através das seguintes formas (Mateus & Bragança, 2006):

- Seleccionar modelos de autoclismo de baixa capacidade, tal como abordado anteriormente, e optar por autoclismos de descarga diferenciada (Figura 71);
- Alterar comportamentos de utilização que induzam a desperdícios;
- Adoptar procedimentos regulares de detecção e reparação de fugas no autoclismo;
- Colocar os resíduos em balde apropriado para esse fim, evitando deitar resíduos na sanita, o que dificultaria a descarga;
- Reduzir o volume de armazenamento do autoclismo (colocando garrafas, pequenas barragens plásticas, ou outro objecto com o mesmo efeito), evitando no entanto usar objectos que se deteriorem ou que impeçam o bom funcionamento dos mecanismos;
- Não efectuar descargas desnecessárias do autoclismo;
- Optar por bacias de retrete em sistema seco. Este tipo de bacias não necessitam de água para o tratamento e transporte dos excrementos humanos. O tipo mais comum de bacias em sistema seco é o de compostagem (Figura 72).



Figura 71: Autoclismo de descarga diferenciada



Figura 72: Aspecto de uma bacia de retrete de compostagem e a parte constituinte da bacia de retrete de compostagem (fonte: CleanPur, 2010)





Os banhos e os duches são consumos bastantes significativos na habitação, representando cerca de 37% do consumo médio diário, existindo um potencial de poupança significativo associado a medidas que reduzam o volume gasto em cada utilização, sem ser sacrificado o conforto do utilizador.

Um chuveiro tradicional possui um caudal médio de 13 litros de água por minuto, existindo no mercado chuveiros mais eficientes, com caudais na ordem dos 7 litros por minuto (Mateus & Bragança, 2006). Logo, a adaptação ou substituição do chuveiro convencional por um modelo mais eficiente é a forma mais eficaz de poupar água no uso associado a este dispositivo, através da diminuição do caudal e do volume total por utilização (Figura 73).



Figura 73: Chuveiro de baixo caudal (fonte: CleanPur, 2010)

As torneiras são o dispositivo mais comum na habitação, existindo no mínimo 3 a 5 torneiras distribuídas pela cozinha e casas de banho. Os principais factores que influenciam o consumo associado às torneiras são o caudal, a duração da utilização e o número de utilizações por dia (Baptista *et al*, 2001).

Nas torneiras podem conseguir-se reduções de caudal, adoptando os seguintes procedimentos (Mateus & Bragança, 2006):

- Seleccionar modelos de menor caudal (4 l/min), em detrimento dos modelos clássicos que consomem em média 6 litros;
- Aplicar emulsionadores de caudal (filtros arejadores) nas torneiras onde não seja necessário grande volume de água, como nas cozinhas e nos lavatórios;
- Optar por torneiras de menor ângulo de abertura, como por exemplo, as torneiras monocomando que permitem o corte do fluxo mais rapidamente e, por conseguinte, com menores desperdícios;
- Aplicação de torneiras automáticas ou semi-automáticas (com infravermelhos ou temporizador) em locais onde se preveja que exista grande probabilidade das torneiras ficar abertas, como por exemplo, nas instalações sanitárias públicas.

A selecção de outros dispositivos de utilização, como as máquinas de lavar a louça e máquinas de lavar roupa, é geralmente da responsabilidade dos utilizadores do edifício, não havendo aqui a intervenção da equipa de projecto. No entanto, é de assinalar que os consumos verificados são bastantes díspares, cabendo ao comprador a responsabilidade da selecção de modelos de baixo consumo de água.

Nas últimas décadas, as máquinas de lavar roupa e loiça domésticas têm tido uma evolução rápida em termos de redução dos consumos na lavagem, devido em grande parte aos modelos mais recentes que são claramente mais eficientes, consumindo cerca de metade da água comparativamente a modelos produzidos há 10 anos atrás.

Os factores que mais influenciam o volume de água utilizado em cada lavagem passam pelas próprias características da máquina, como: a idade; o tipo de máquina e os programas disponíveis; e a quantidade de roupa ou loiça que é colocada em cada lavagem.

Assim, uma redução do volume nas lavagens e uma utilização mais eficiente das máquinas de lavar roupa ou loiça podem ser conseguidas pela utilização de modelos com menor consumo e



pela alteração dos procedimentos do utilizador, nomeadamente, através da selecção de um programa adequado à quantidade de roupa ou de loiça e à lavagem necessária.

Para além das soluções apresentadas anteriormente, para que o consumo de água por esta via seja menor, os fabricantes e comerciantes deverão informar os utilizadores quanto ao consumo de água dos equipamentos que comercializam (Mateus & Bragança, 2006).

A entidade responsável pela certificação hídrica em Portugal é a ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais). A ANQIP é uma associação sem fins lucrativos que se destina a promover e a garantir a qualidade e eficiência nas instalações prediais, com particular ênfase nas instalações de águas (hidráulicas) e águas residuais (sanitárias).

Em 2008, a ANQIP lançou em Portugal um sistema de certificação hídrica de produtos, associado a uma rotulagem. O modelo funciona como uma classificação variável com a eficiência do produto e é aplicada aos autoclismos das bacias de retrete, aos chuveiros e às torneiras. Na Figura 74 apresenta-se o rótulo hídrico existente em Portugal.



Figura 74: Rótulo hídrico em Portugal

C.2.2. Reutilização das águas residuais

A água potável sendo um recurso extremamente precioso para a sobrevivência das espécies e para a qualidade de vida do ser humano, deve ser utilizada apenas para funções que carecem de todas as suas qualidades. Porém, a água potável é utilizada em aplicações que podem ser satisfeitas com uma água de qualidade inferior. Um exemplo claro desta situação é a utilização de água de qualidade alimentar nas bacias de retrete (Mateus, 2009).

Deste modo torna-se importante implementar nos edifícios sistemas que permitam a reutilização das águas residuais, pois desta forma será possível contribuir para a diminuição do consumo desnecessário de água potável.

Antes de apresentar o conjunto de medidas aplicáveis ao consumo doméstico e que visam a sua diminuição através de uma maior eficiência da utilização, é importante definir que existem dois tipos de águas residuais. Este tipo de águas com um tratamento adequado poderão ser utilizadas para diversos fins.

As águas pretas são a água que foi misturada com resíduos nas bacias de retrete. Para ser reutilizada, este tipo de água necessita de tratamento biológico ou químico e só deverá ser utilizada para uso exterior, como por exemplo a rega.

As águas cinzentas são a água proveniente dos chuveiros, lavatórios, banheira e torneiras. Em geral, é necessário um tratamento adequado (filtração e desinfecção) mais ou menos exigente, consoante a qualidade da água e o uso a que se destina. Porém, a reutilização de águas cinzentas após tratamento adequado é uma medida capaz de reduzir significativamente os consumos de água potável.



As águas residuais tratadas podem ser aplicadas em diversas utilizações sem que, efectivamente, seja necessário o consumo de água de tão elevada qualidade, designadamente em (Kibert, 2005; Austrália, 2008):

- Descarga de autoclismos - Em diversas cidades superpovoadas, como por exemplo Singapura no Japão, alguns edificios já são dotados de uma rede predial dupla: para abastecimento de água potável e de águas residuais tratadas para a descarga de autoclismos;
- Lavagem de pavimentos, passeios e vias - A lavagem de ruas e o controlo de poeira na construção de estradas são outros exemplos de reutilização de águas residuais praticados em diversos países.
- Fontes e espelhos de água - é viável reutilizar águas residuais tratadas são os pequenos lagos, fontes, repuxos e cascatas, instalados para efeitos ornamentais em espaços públicos, comerciais e residenciais;
- Sistemas de ar condicionado - Os equipamentos de condicionamento de ar necessitam de um fluido de arrefecimento. Nos grandes edificios, como centros comerciais, edificios públicos e outros, geralmente a água é esse fluido de arrefecimento, o que representa uma parcela importante do consumo de água nesses edificios, a qual pode ser reduzida pela reutilização de águas residuais tratadas no sistema de ar condicionado;
- Fusão de neve - No norte do Japão utilizam-se águas residuais tratadas para proceder à fusão da neve acumulada nas ruas e estradas;
- Sistemas de combate a incêndios - A reutilização de águas residuais tratadas para combate a incêndios constitui uma aplicação praticada nos EUA, na Austrália e em Espanha. Em Portugal torna-se interessante a reutilização de águas residuais tratadas para combate a incêndios florestais, visto este ser um flagelo que tem consumido a floresta do país, com graves prejuízos não só materiais mas também ambientais;
- Lavagem de equipamentos e meios de transporte;
- Sistemas de rega – Na Figura 75 apresenta-se uma simples aplicação das águas residuais em espaços exteriores.

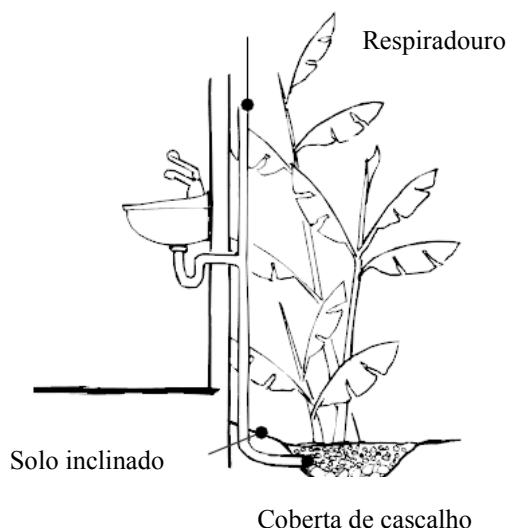


Figura 75: Aplicação de águas cinzentas em espaços exteriores (fonte: AGO, 2008)

Com um tratamento adequado e se os regulamentos o permitirem, é possível utilizar as águas residuais para inúmeros fins, contribuindo assim para uma diminuição do consumo de água potável. A Figura 76 representa esquematicamente um possível sistema para a recolha, tratamento e armazenamento de água cinzenta e a sua reutilização nas bacias de retrete e torneiras exteriores.



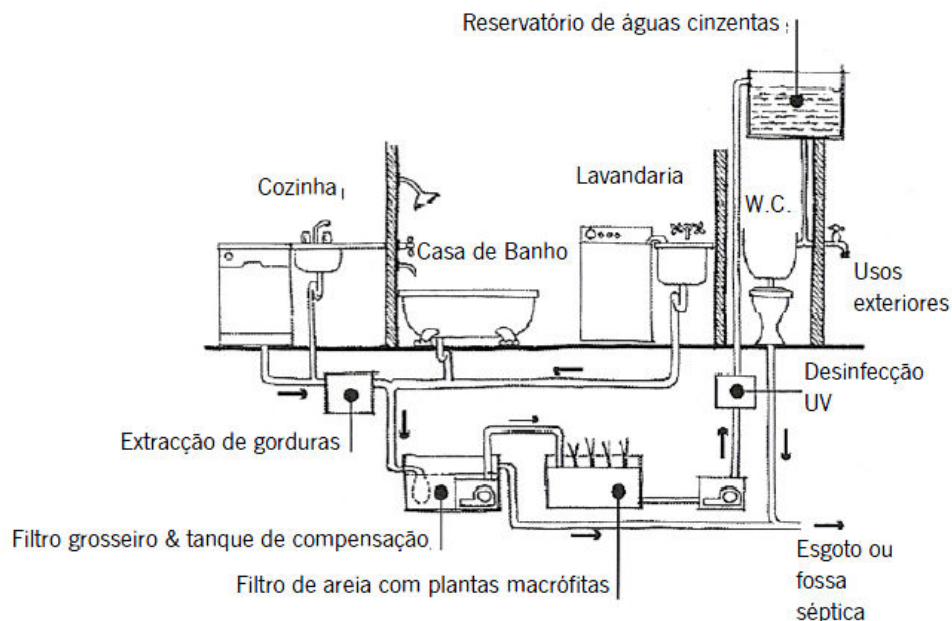


Figura 76: Exemplo de sistema para a recolha, tratamento e armazenagem de água cinzenta e a sua reutilização nas bacias de retrete e torneiras exteriores (fonte: AGO, 2008)

C.2.3. Reutilização das águas pluviais

Para além das águas residuais geradas pelas actividades domésticas, as águas pluviais ou freáticas também podem ser utilizadas. Estas águas provenientes das chuvas apresentam a vantagem de poderem ser utilizados no interior do edifício, com um nível de tratamento bastante inferior ao que é necessário para as águas residuais, podendo ser utilizadas directamente nas bacias de retrete (Mateus, 2009).

Os sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e Alemanha. Estes sistemas permitem a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante eficiente em termos de custo-benefício. A reutilização de água de chuva traz várias vantagens, nomeadamente: a redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma; e evita a utilização de água potável onde esta não é necessária.

No entanto, estas águas para serem utilizadas nos espaços interiores de um edifício, têm de ser adequadamente tratadas de forma a eliminar os organismos patogénicos que estão geralmente presentes nas águas pluviais, e no caso de edifícios situados nas zonas urbanas, há ainda que acautelar o risco de contaminação química pelo chumbo ou por substâncias químicas (Mateus, 2009).

O reaproveitamento da água pluvial vai contribuir para a redução das águas a serem tratadas e sua posterior distribuição. Isto vai gerar ganhos económicos, mas fundamentalmente ganhos ambientais. A Figura 77 apresenta um esquema de um sistema para a recolha e armazenamento das águas pluviais para utilização doméstica.

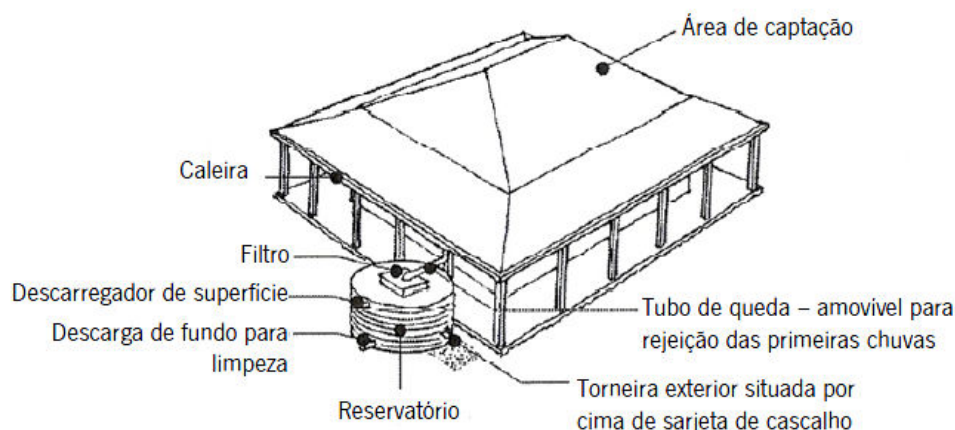


Figura 77: Sistema convencional para a recolha e armazenagem de água pluvial para utilização doméstica (fonte: AGO, 2008)

A recolha das águas da chuva e seu armazenamento numa cisterna era uma solução muito comum, algumas dezenas de anos atrás, nas regiões mais secas do país, sendo a água recolhida de qualidade alimentar (Mateus & Bragança, 2006). Na Figura 78 apresenta-se a configuração de um sistema que utiliza calhas em redor do telhado para aproveitamento das águas pluviais.



Figura 78: Aproveitamento das águas pluviais

A reutilização da água da chuva deverá ser vista como um contributo para o incremento de uma política do uso sustentável da água. Em síntese, para se maximizar a quantidade de água reutilizada e a quantidade de águas pluviais utilizadas, é necessário prever e instalar, conforme o tipo de uso pretendido, sistemas que permitam (Mateus, 2009):

- Recolher e armazenar as águas pluviais para serem utilizadas em usos exteriores, nas bacias de retrete e nas máquinas de lavar roupa e loiça;
- Recolher, armazenar e tratar as águas pluviais para serem utilizadas nas torneiras interiores;
- Recolher, armazenar e tratar as águas cinzentas provenientes de máquinas de lavar roupa e loiça, banheiras, chuveiros, e lavatórios para serem reutilizadas nas bacias de retrete e em usos exteriores.



SECÇÃO D

MATERIAIS







SECÇÃO D

Materiais

D.1. Enquadramento

Os materiais utilizados na construção podem ter efeitos significativos e impactes para a saúde e para o ambiente. A definição de materiais eco-eficientes foi apresentada pela primeira vez em 1991, pelo World Business Council for Sustainable Development, como o “desenvolvimento de produtos e serviços, com preços competitivos que satisfaçam as necessidades da espécie humana com qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem o seu impacte ecológico e o consumo de matérias-primas ao longo do seu ciclo de vida, até um nível compatível com a capacidade do planeta” (WBCSB, 1991).





Logo, os materiais eco-eficientes serão aqueles que dentro das várias alternativas possíveis, apresentam um menor impacto ambiental. O impacto que determinados materiais provocam na saúde dos ocupantes dos edifícios e nos ecossistemas, não pode ser ignorado, devendo ser feita uma análise prévia dos mesmos, de modo a que haja uma escolha correcta dos materiais a utilizar (Mateus & Bragança, 2006).

Para se perceber a importância dos materiais de construção no contexto da sustentabilidade, importa perceber desde logo que o impacto dos materiais utilizados é ditado pelos processos adoptados desde a extracção das matérias-primas, passando pela sua produção, distribuição e utilização ao longo da vida útil de uma construção, até ao final do seu ciclo de vida. Importa ainda reafirmar que a indústria da construção é um dos maiores consumidores de recursos naturais, tendo por isso grande responsabilidade na delapidação dessas matérias-primas e, por conseguinte, na degradação do meio ambiente.

Para além da questão que se prende com a necessidade de se minimizar a extracção de matérias-primas, outras questões devem ser consideradas no contexto da sustentabilidade dos materiais de construção. Sendo que a sua escolha deve privilegiar os seguintes requisitos:

- Não ser tóxico;
- Apresentar baixa energia incorporada;
- Ser reciclável;
- Ser durável;
- Considerar todo o desempenho do seu ciclo de vida.

Para melhor compreendermos a importância destas escolhas e processos, visualizemos de seguida, o ciclo de vida dos materiais ilustrado na Figura 79.

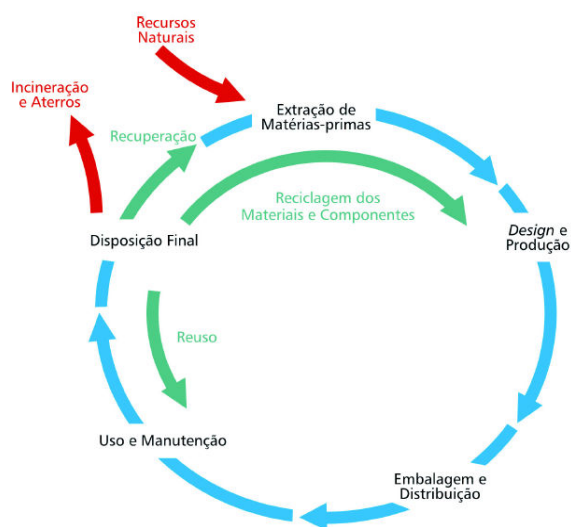


Figura 79: Ciclo de vida dos materiais à luz da construção sustentável

Analisando a figura, verifica-se o uso e o desuso como o conceito mais usual, ou seja, é na reutilização, recuperação e reciclagem que se deve basear todo o ciclo de vida dos materiais.

Uma cuidadosa análise e selecção dos materiais a utilizar e a forma como os mesmos são combinados, podem produzir melhorias significativas no conforto, no custo-eficácia e na eficiência energética de uma construção. Porém é também necessário compreender a importância dos materiais de construção no contexto da construção sustentável e perceber desde logo qual o contributo da construção para o consumo de matérias-primas.





D.2. Avaliação do ciclo de vida e sua aplicação aos princípios da construção sustentável

A optimização do desempenho ambiental de um edifício requer uma compreensão sistemática e abrangente de todos os impactes ambientais que ocorrem ao longo do ciclo de vida do mesmo. Esta abordagem, também pode ser aplicada a produtos e serviços, sendo conhecida como análise do ciclo de vida (LCA³ ou ACV).

A análise do ciclo de vida, “inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou actividade, ou seja, a extracção e o processamento de matérias-primas, a produção, o transporte e a distribuição, a utilização, a manutenção, a reciclagem, a reutilização e a deposição final” (SETAC,1993).

Quando aplicada a um edifício, esta abordagem procura examinar e analisar todos os efeitos ambientais da construção, desde a aquisição de todos os materiais e recursos naturais até ao momento em que o edifício completou a sua vida útil e é demolido. Para além disso, procura-se equilibrar as preocupações ambientais com as questões tradicionais que sempre afectaram as decisões e as escolhas da indústria da construção: desempenho, função, estética e custo.

Dotados do conhecimento e compreensão fornecidos pela abordagem do ciclo de vida, os profissionais da construção serão capazes de tomar decisões e fazer as escolhas que levarão a verdadeira melhoria do desempenho ambiental de um edifício.

A avaliação do ciclo de vida fornece elementos valiosos e é uma abordagem mais rigorosa para a compreensão dos impactes ambientais dos edifícios e materiais de construção. Embora frequentemente citada e discutida, a ACV não é perfeitamente entendida ou muito utilizada pelos intervenientes da indústria da construção.

Normalmente, os materiais ou produtos são comparados e as decisões relativamente à sua aquisição são tomadas tendo por base apenas um ou alguns atributos ambientais, sem ter em conta toda a gama de impactes ambientais e implicações presentes no ciclo de vida total. Estas decisões simplistas podem ser arriscadas e conduzir a uma má escolha dos materiais ou produtos.

No contexto dos materiais de construção, os princípios fundamentais e os objectivos da construção sustentável são:

- Minimizar o consumo de recursos naturais ao longo do ciclo vida de uma construção;
- Minimizar a libertação de agentes poluentes em todo o ciclo de vida de uma construção;
- Proteger o meio ambiente;
- Criar um espaço saudável e com conforto;
- Incorporar a função, qualidade e desempenho com o objectivo do edifício;
- Equilibrar o desempenho ambiental com o desempenho económico.

O projecto para uma construção sustentável deve conter benefícios claros para todos os profissionais envolvidos. Proteger o meio ambiente é certamente um dos principais benefícios, sendo que outros são também possíveis, podendo proporcionar incentivos adicionais para a construção sustentável, nomeadamente:

- Redução dos custos do ciclo de vida, incluindo:
 - Custos iniciais;

³ Acrónimo das expressão de língua inglesa “Life-Cycle Analysis”



- Os custos operacionais (energia, manutenção, reparação);
- Custos de renovação ou demolição.
- A melhor oferta de construção, incluindo:
 - A eficiência energética;
 - Melhoria da iluminação;
 - Maior conforto;
 - Ambiente mais saudável no interior.
- Melhoria da produtividade dos ocupantes.
- Maior compreensão das partes interessadas e sensibilização para as questões ambientais.

Os conceitos fundamentais da ACV são surpreendentemente simples, assim como a sua aplicação aos edifícios e materiais de construção. No entanto, a realização de uma ACV completa para um "edifício real" pode ser uma outra realidade. Um dos maiores inconvenientes das ACV, são o facto de implicarem a existência de vastas quantidades de dados sobre os impactos ambientais dos materiais, para as diversas fases do ciclo de vida, além do considerável gasto de tempo a que obrigam.

As categorias de impactos ambientais frequentemente utilizados para as ACV são: o consumo de recursos não renováveis; o consumo de água; o potencial de aquecimento global; o potencial de redução da camada de ozono; o potencial de eutrofização; o potencial de acidificação; o potencial de formação de smog; a toxicidade humana; a toxicidade ecológica; a produção de resíduos; a poluição atmosférica; e a alteração de habitats (Torgal & Jalali, 2010).

Um maior conhecimento e compreensão, embora incompleto, conduz a melhores decisões, e para tal, os benefícios da abordagem da ACV, se realizados em grande detalhe, podem ser significativos. As informações e os dados revelados pela ACV podem proporcionar uma nova visão e compreensão e, quando analisado no contexto das suas limitações, o processo pode conduzir a uma melhor tomada de decisão.

Os impactos ambientais do edifício podem ser avaliados em termos das mudanças que ocorrem no ambiente, como resultado das actividades do seu ciclo de vida, ou seja, as mudanças ambientais decorrem do facto dos recursos serem tomados e posteriormente serem devolvidos ao meio ambiente.

Os impactos ambientais podem ser avaliados em termos das mudanças que ocorrem como resultado deste intercâmbio de recursos. Estas mudanças ocorrem num contexto dependente do factor tempo, pelo que será importante considerar não apenas que mudanças ocorrem, mas onde e qual a taxa de frequência de ocorrência. Este contexto temporal dá origem a questões tão complexas como a reversibilidade dos impactos ambientais e a renovação dos recursos naturais.

Para apoiar estes conceitos aqui abordados, existe uma panóplia de ferramentas informáticas utilizadoras da ACV. A Tabela 26 apresenta algumas das ferramentas de ACV para edifícios.

Tabela 26: Ferramentas para ACV de materiais ou produtos

Ferramenta	País
BEES	EUA
BRE. Enverest	Reino Unido
ATHENA	Canadá
ECO-QUANTUM	Holanda
SimaPro	Holanda





A aplicação generalizada de análises do ciclo de vida ao sector da construção, no caso particular dos materiais, pressupõe antes de mais, a existência de levantamentos exaustivos sobre os impactes ambientais desses mesmos materiais ao longo da sua vida útil, algo que dificilmente poderá ser extrapolado a partir de estudos realizados noutros países, devido a diferenças óbvias que se prendem com diferentes contextos tecnológicos e económicos (Torgal & Jalali, 2010).

D.3. Critérios a considerar na selecção de materiais

Actualmente, a disponibilidade de alguns recursos naturais para a produção dos materiais de construção é limitada. Os produtos seleccionados e utilizados na construção não só consomem recursos e energia na sua produção, mas também originam poluição e resíduos sólidos durante a sua fabricação, sendo que a sua utilização/instalação, geralmente necessita de manutenção ou substituição periódica.

Quando um edifício chega ao fim da sua vida útil, os produtos e materiais normalmente são rejeitados e depositados em aterros sanitários. Assim, os materiais de construção que minimizam o uso dos recursos naturais e que são duráveis ou reutilizáveis contribuem efectivamente para as práticas de construção sustentável.

A indústria da construção é um dos maiores consumidores de recursos naturais, tendo por isso grande responsabilidade na delapidação dos mesmos e, por conseguinte, na degradação do meio ambiente, sendo actualmente responsável pelo consumo de 25% da madeira e 40% dos agregados que se verifica em todo o mundo (Ngowi, 2000).

Será então na fase de projecto que deverão ser tomadas as decisões que tenderão a abrandar os impactes produzidos na utilização dos materiais na construção. Assim sendo, é da responsabilidade dos profissionais envolvidos na indústria da construção, a criação de um edifício como uma forma de gestão de energia e materiais, de modo a que o mesmo contribua para a gestão dos recursos naturais.

A equipa de projecto deverá adoptar uma série de princípios na selecção dos materiais que vai utilizar nas suas construções, respeitando os seguintes critérios:

- Seleccionar materiais com baixa energia incorporada;
- Maximizar a utilização de materiais com elevado potencial de reutilização e reciclagem;
- Minimizar a toxicidade dos materiais para os seres humanos e ecossistemas;
- Recorrer a materiais certificados.

D.3.1. Energia incorporada nos materiais

A energia incorporada nos materiais de construção (“*embodied energy*”), corresponde e abrange a quantidade de energia consumida durante a sua vida útil (Hammond, 2008), ou seja, resulta do somatório da energia consumida durante a extracção das matérias-primas, no transporte para o estaleiro de obra, na sua aplicação em obra, manutenção e demolição.

Cerca de 80% deste somatório corresponde à energia primária incorporada nos materiais (PEC - *Primary Energy Consumption*) e corresponde aos recursos consumidos durante a produção dos materiais (extracção das matérias-primas, transporte para os locais de processamento e transformação) (Berge, 2009). A Tabela 27 apresenta alguns valores relativos ao consumo energético específico, necessário ao fabrico de vários produtos.





Tabela 27: Energia necessária ao fabrico de alguns materiais de construção (fonte: DGE, 1997)

Material	Kgep/ton
Clinker para cimento normal	92
Clinker para cimento branco	226
Moagem clinker	11
Cal hidráulica	33
Cal viva	105
Tijolos e abobadilhas de barro	45
Telhas de barro	60
Pavimentos de barro	60
Pavimentos porcelânicos	190
Chapa de vidro simples	200
Aglomerado negro de cortiça	50
Painéis aglomerados de fibras de madeira	310
Painéis aglomerados de partículas de madeira	90

Os restantes 20% dizem respeito à energia consumida durante a vida útil do edifício (transporte dos materiais de construção para o estaleiro de obra, manutenção e reabilitação, e as operações de desmantelamento e demolição). A Tabela 28 refere valores para o consumo de energia em termos de transporte dos materiais e a Tabela 29 apresenta a PEC média de alguns dos materiais de construção mais utilizados.

Tabela 28: Energia gasta em transporte de materiais (fonte: Berge, 2009)

Transporte	MJ/ton Km
Avião	33 – 36
Rodovia	0,8 – 2,2
Ferrovia	0,2 – 0,4
Barco	0,3 – 0,9

Tabela 29: Consumo de energia primária (PEC) de alguns materiais de construção (fontes: Berge, 2009)

Material	PEC (kWh/kg)
Aço (não reciclado)	8,89
Aço (reciclado)	2,77
Alumínio (não reciclado)	4,80
Alumínio (reciclado)	51,11
Argamassa de cimento	0,28
Argila (telhas cerâmicas)	0,83
Argila (tijolo cerâmico)	0,83
Betão	0,28
Gesso Cartonado	1,39
Lã Mineral	4,45
Madeira laminada	1,11
Poliestireno extrudido (XPS)	20,0
Tela asfáltica	4,06
Vidro (não reciclado)	2,22
Vidro (reciclado)	1,78



A Figura 80 apresenta detalhadamente o ciclo de vida dos materiais e os consumos associados aos mesmos.

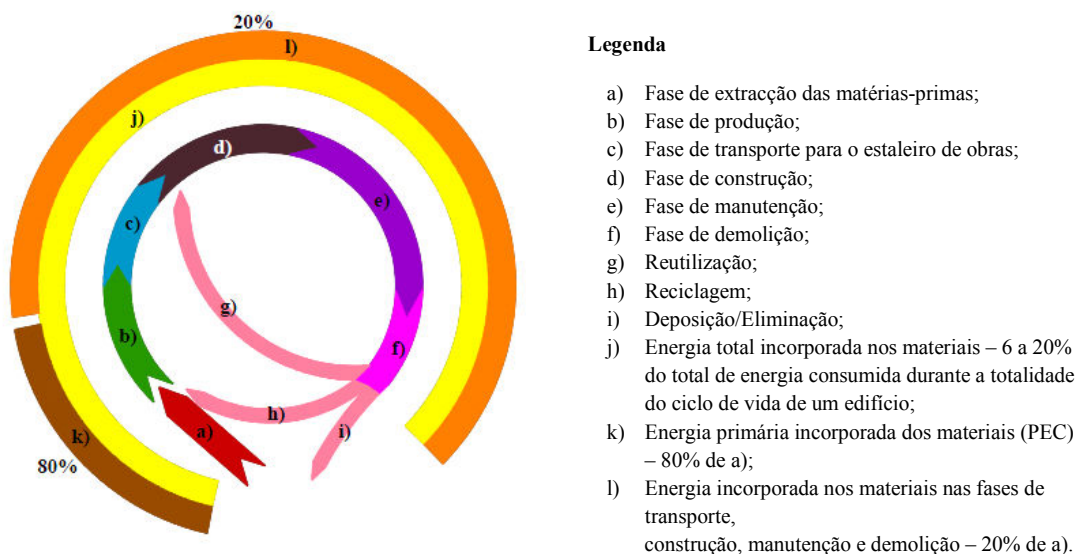


Figura 80: Ciclo de vida dos materiais de construção e consumos associados (fonte: Mateus & Bragança, 2006)

Este panorama evidencia a necessidade de se reduzir a energia incorporada nos edifícios através dos materiais de construção devendo ser adoptados e considerados os seguintes critérios na sua selecção:

- Preferir os produtos locais ou regionais. Uma parte da energia incorporada nos materiais está associada ao seu transporte até à obra. Assim sendo deve-se preferir materiais de construção produzidos na região, já que terão que percorrer menores distâncias que os procedentes de locais mais longínquos;
- Utilizar materiais com elevado potencial de reutilização e/ou grande durabilidade. Na análise comparativa e na selecção dos materiais deve-se ter em conta a totalidade do seu ciclo de vida. A selecção de um material com maior quantidade de energia incorporada pode ser mais vantajosa desde que o seu ciclo de vida seja mais alargado, pois o custo ambiental associado à energia incorporada acaba por ser amortizado num maior número de anos. Por outro lado, serão preferíveis os materiais que possam ser directamente reutilizados sem passar por processos de transformação com custos energéticos (Mateus & Bragança, 2006).
- Utilizar materiais de construção de baixa massa. Como a quantidade de energia incorporada num material de construção está relacionada com a sua massa, então quanto menor for a massa de um edifício, menor será a quantidade de energia incorporada.

D.3.2. Potencial de reutilização e reciclagem

A selecção de materiais deve basear-se no seu potencial de reutilização e reciclagem. Depois do material completar o seu ciclo de vida inicial, este apresenta um determinado potencial de reutilização e reciclagem, que varia em função da sua capacidade de vir a ser utilizado novamente como recurso (Mateus & Bragança, 2006). O nível actual de desenvolvimento tecnológico permite que a maior parte dos materiais de construção possam ser reciclados e integrados num novo ciclo de vida. As vantagens ambientais e económicas associadas ao processo de reciclagem varia de material para material e depende sobretudo da intensidade energética associada aos processos de reciclagem.



A maioria dos materiais de construção podem ser reciclados. Seguidamente, apresentam-se algumas soluções para a reciclagem de metais, plásticos, vidro, madeira, betão e materiais cerâmicos.

- Os metais são recicláveis se forem separados por tipologia. Os elementos de construção em aço e em alumínio possuem um elevado potencial de reciclagem. Por exemplo, com a actual tecnologia de reciclagem do aço é possível reduzir entre 50 a 70% o consumo energético e emissão de gases poluentes derivados da sua produção (Tshudy, 1996).
- Os plásticos podem ser granulados e reciclados na produção de novos produtos de plástico. No entanto, as taxas actuais de reciclagem são bastante baixas, sendo que esta situação resulta da elevada variedade de plásticos e da dificuldade que existe em os separar.
- Os produtos de vidro podem ser reciclados se forem devidamente separados e não contaminados. O vidro pode ser directamente reutilizado ou reciclado, por exemplo, como agregado, depois de granulado, para a execução do betão (AGO, 2008).
- As estruturas de madeira ou metálicas são exemplos de elementos construtivos que poderão ser reutilizados num novo ciclo de vida, caso o seu estado de conservação o permita.
- O betão e os elementos cerâmicos são exemplos de materiais cuja recuperação e reutilização é difícil. Os elementos em betão, tal como os produtos cerâmicos, depois de britados podem ser reciclados em agregados para o fabrico de betão, ou podem ser utilizados na execução de caixas de pavimento em pisos térreos ou nas bases de estradas (Mateus & Bragança, 2006).



Figura 81: Materiais reutilizáveis

D.3.3. Toxicidade dos materiais

Na Natureza existe um conjunto de matérias-primas que pelas suas características, foram desde sempre utilizadas pelo Homem na construção, tais como, o barro, a madeira, a pedra, a cal e muitos outros. Actualmente, os materiais são submetidos a transformações numa tentativa de melhorar as suas características técnicas e construtivas. No entanto, apesar destas melhorias, os materiais são cada vez mais responsáveis e causadores de vários impactes ambientais.

A toxicidade de um material expressa os efeitos nocivos que este pode provocar no ser humano e no ecossistema que o rodeia. Cada material, produto ou componente a utilizar num edifício deve ser devidamente analisado, em especial, as suas especificações técnicas e o seu processo de fabrico com vista à identificação de compostos químicos que sejam tóxicos (Mateus, 2004). A exposição a estes compostos ou poluente pode provocar inúmeros problemas de saúde aos ocupantes, nomeadamente:

- Irritação da pele, olhos e vias respiratórias;
- Dores de cabeças e mal-estar generalizado;
- Distúrbios do sistema nervoso, tais como, stress e ansiedade;
- Desenvolvimento de tumores.





Dois dos principais poluentes libertados para o ambiente interior pelos materiais de construção, são os compostos orgânicos voláteis (COV) e o formaldeído (Bernhiem, 1996). A emissão de compostos orgânicos está normalmente associada à utilização de tintas e vernizes com diluentes tóxicos, como por exemplo, o benzeno, o xileno e o tolueno. Já o formaldeído é normalmente libertado pelos produtos derivados da madeira, pois é vulgarmente utilizado na aglomeração e preservação das partículas de madeira.

Deverá ser da responsabilidade da equipa de projecto a selecção de materiais com baixa toxicidade, de modo a evitar que a sua utilização afecte a saúde e a produtividade dos ocupantes do edifício, e também das pessoas responsáveis pela construção do mesmo.

Devem ser analisadas as fichas técnicas dos diversos materiais de forma a reduzir-se a integração de substâncias tóxicas no edifício, já que podem afectar a qualidade de vida dos ocupantes.

Para o efeito deverão ser observados, entre outros, os seguintes princípios (Mateus, 2004):

- Seleccionar tintas de água com base de látex e sem chumbo, em vez de tintas de óleo com diluentes tóxicos, como o benzeno, o xileno e o tolueno;
- Preferir, sempre que possível, madeiras no seu estado natural aos aglomerados de madeira, e/ou optar por derivados de madeira com baixa emissão de formaldeído;
- Optar por materiais e sistemas que não apresentem clorofluocarbonetos (CFC) e hidroclorofluocarbonetos (HCFC), pois estes componentes apresentam diversos riscos quer à escala local (riscos para a saúde dos ocupantes), quer à escala global através da destruição da camada de ozono;
- Assegurar que no edifício não é utilizado amianto ou qualquer outro material que o contenha;
- Evitar o uso de adesivos, selantes, pinturas, vernizes e revestimentos que possuam elevadas quantidades de compostos orgânicos voláteis (COV).

A Tabela 30 apresenta alguns exemplos de substâncias que podem ser encontradas nos materiais, apontando os possíveis efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios.

Tabela 30: Exemplos de substâncias tóxicas e seus efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios (fonte: Mateus & Bragança, 2006)

Substâncias	Propriedades	Onde podem ser encontrados estes materiais ou produtos utilizados na construção	Efeito(s) na saúde dos ocupantes
Amianto	Variedade de vários silicatos naturais, de cálcio e de magnésio com textura fibrosa, resistente ao fogo, que era muito utilizado para fabricar materiais e tecidos incombustíveis.	<ul style="list-style-type: none">• Antes de ser proibida a sua integração nos materiais de construção era comum, existindo ainda muitos edifícios com componentes e materiais com esta substância. Era utilizado correntemente como:• Armadura em argamassa de cimento (fibrocimento) para a realização de depósitos, chapas de cobertura, tubagem, elementos de revestimento e artefactos;• Isolante (acústico e térmico).	<ul style="list-style-type: none">• Cancro do pulmão;• Outros cancros no aparelho digestivo;• Estas doenças apresentam-se latentes durante um longo período de tempo, o que significa que os sintomas poderão surgir somente passado um período de 20 a 40 anos após a exposição.





Tabela 30 (cont.): Exemplos de substâncias tóxicas e seus efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios (fonte: Mateus & Bragança, 2006)

Substâncias	Propriedades	Onde podem ser encontrados estes materiais ou produtos utilizados na construção	Efeito(s) na saúde dos ocupantes
CFC/HCFC	À temperatura ambiente são fluidos incombustíveis e incolores.	<ul style="list-style-type: none">• Espumas;• Isolamentos;• Sistemas de ar condicionado;• Extintores que contenham hálon.	<ul style="list-style-type: none">• Irritação cutânea;• Vômitos;• Sonolência;• Dermatite;• Depressão do sistema nervoso central;
Chumbo	Material metálico que se encontra disperso no ambiente natural.	<ul style="list-style-type: none">• Tintas (principalmente em pinturas antigas, pois actualmente é proibido o fabrico de tintas com esta substância);• Acessórios de redes hidráulicas de edifícios antigos. Em muitos edifícios antigos, construídos antes da proibição da utilização do chumbo nas redes de abastecimento de água é ainda possível encontrar acessórios em chumbo.	<ul style="list-style-type: none">• Ingerido continuamente em baixas quantidades: nas crianças até seis anos de idade pode provocar atrasos de desenvolvimento, problemas de aprendizagem, baixo QI, hiperactividade e problemas de disciplina;• Doses maiores podem provocar: hipertensão, anemia, esterilidade.• A quantidade de chumbo no organismo é cumulativa e irreversível.
Formaldeído	COV muito comum. Químico que é libertado para o ar sob a forma de um gás acrimonioso/caustico. É utilizado como conservante e adesivo, pelo que é muito utilizado na construção e indústria do mobiliário.	<ul style="list-style-type: none">• Madeiras como conservante (carpintarias de limpo e mobiliário);• Aglomerados de madeira, como ligante;• Produtos têxteis, como agente anti-encolhimento.	<ul style="list-style-type: none">• Se inalado: dores de garganta, diminuição da frequência respiratória, irritação do aparelho respiratório, edema pulmonar e pneumonia, problemas de fígado, rins e no sistema nervoso central. Fatal em altas concentrações.• Em contacto com a pele: irritação da pele, com vermelhidão e dor.
Radão	Gás inodoro e radioactivo que resulta do empobrecimento do urânio. O urânio está presente na maior parte do solo e das rochas existentes no mundo.	<ul style="list-style-type: none">• Pedra (revestimento e estrutural), encontrando-se principalmente no granito, xisto e uranite;• Pode estar presente em grandes quantidades no subsolo do terreno, principalmente nas zonas graníticas.	<ul style="list-style-type: none">• Aumenta as possibilidades de desenvolvimento do cancro do pulmão.
Tolueno	Sólido ou líquido (a partir dos 21.5°C) com odor forte e acrimonioso.	<ul style="list-style-type: none">• Solvente em pinturas de óleo;• Colas;• Alcatifas;• Espumas de poliuretano.	<ul style="list-style-type: none">• Irritação nos olhos, pele, nariz e garganta;• Náuseas;• Dores abdominais;• Edema pulmonar;• Dificuldades respiratórias;• Lacrimação• Cancro no pâncreas e fígado.





Tabela 30 (cont.): Exemplos de substâncias tóxicas e seus efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios (fonte: Mateus & Bragança, 2006)

Substâncias	Propriedades	Onde podem ser encontrados estes materiais ou produtos utilizados na construção	Efeito(s) na saúde dos ocupantes
Xileno	Líquido incolor com odor aromático.	<ul style="list-style-type: none">• Solvente em pinturas de óleo;• Colas;• Alcatifas;• Espumas de poliuretano.	<ul style="list-style-type: none">• Irritação nos olhos, pele, nariz e garganta;• Vertigens;• Náuseas;• Descoordenação;• Dermatite;• Anorexia.

D.3.4. Materiais certificados

Segundo a Organização Internacional para a Normalização (ISO), um rótulo ecológico tem como principais objectivos encorajar a procura e a oferta de produtos que causem menores impactes no ambiente ao longo do seu ciclo de vida, através da comunicação da informação verificável e fiável acerca dos aspectos ambientais dos produtos e serviços.

Os rótulos ou selos ecológicos fazem cada vez mais sentido, quanto mais actuais são os conceitos de consumo responsável e consumo sustentável. Na base de ambos os conceitos está associado o crescimento de uma ética de consumo, isto é, uma escolha de produtos tendo por base não apenas o preço, mas também as questões sociais e ambientais associadas ao mesmo. Os rótulos ambientais, tendo por base a normalização existente, podem ser de três tipos:

- Tipo I – ISO 14024 – Rótulos e declarações ambientais – estabelece os princípios e os procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo a selecção das categorias de produtos, os critérios ambientais e as características funcionais dos produtos, bem como a avaliação e demonstração de conformidade. Estabelece ainda os procedimentos de certificação de concessão do rótulo.
- Tipo II – ISO 14021 – Rótulos e declarações ambientais – especifica os requisitos para as autodeclarações ambientais relativas a produtos, incluindo afirmações, símbolos e gráficos.
- Tipo III – ISO 14025 – Declarações ambientais do produto – associada à quantificação dos impactes ambientais do produto ao longo do seu ciclo de vida.






A fim de se valorizar os materiais e produtos com melhor desempenho ambiental, favorecendo a sua escolha face a outro tipo de materiais e produtos, têm vindo a ser criados rótulos designados por ecológicos, os quais constituem uma garantia relativamente a um determinado desempenho ambiental certificado por uma entidade independente.

Existem vários rótulos como por exemplo o *Der Blau Engel* (Alemanha), o *Nordic Swan* (Finlândia, Suécia, Dinamarca, Noruega), o *NF Environmental* (França), *Green Seal* (EUA) e *Eco-Mark* (Japão). O único rótulo ecológico existente para toda a Europa é o *Rótulo Ecológico Europeu* (Regulamento CEE 880/92 de 23 de Março, revisto pelo Regulamento (CE) 1980/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Julho de 2000), também aplicado na Noruega, Liechtenstein e Islândia. Na Tabela 31 apresentam-se alguns exemplos de rótulos e respectivos símbolos ecológicos e também os materiais para o sector da construção em que os mesmos se destacam.





Tabela 31: Rótulos ecológicos, simbologia e respectivas áreas de destaque

Rótulo	Símbolo	Materiais onde mais se destacam
Der Blaue Engel		<ul style="list-style-type: none"> • Revestimentos betuminosos • Adesivos betuminosos • Materiais à base de resíduos de vidro • Materiais à base de resíduos de papel • ETIC's • Isolamentos térmicos e acústicos • Painéis de madeira com baixas emissões de COV's
EcoLogo		<ul style="list-style-type: none"> • Adesivos • Tintas • Vernizes • Inibidores de corrosão • Revestimentos de pisos • Placas de gesso cartonado • Canalizações em plástico reciclado • Isolamentos térmicos • Aço para construção
Nordic Swan		<ul style="list-style-type: none"> • Painéis (acústicos, de madeira prensada) • Madeira • Materiais de enchimento • Materiais de revestimento de pavimentos • Tintas e vernizes • Adesivos
Rótulo Europeu Eco-Label		<ul style="list-style-type: none"> • Tintas • Vernizes • Revestimentos rígidos para pavimentos (mosaicos, pedras naturais e de betão, cerâmicos e de barro)
Forest Stewardship Council		<ul style="list-style-type: none"> • Destinado somente à madeira certificada.

Os rótulos ecológicos são um importante instrumento de apoio à decisão, nomeadamente quando se está na presença de materiais e produtos que são equivalentes sob o ponto de vista técnico-funcional, mas diferem no que respeita ao impacto ambiental.



PROCESSO CONSTRUTIVO







CAPÍTULO 5

FASE DE CONSTRUÇÃO

5.1. Enquadramento

Durante os últimos anos constatou-se o inegável impacte da indústria da construção no meio ambiente.

O papel da equipa de construção na execução de um projecto de construção sustentável, e o seu empenho em torná-lo uma realidade, é um processo extremamente importante e não pode ser subestimado. Contudo, a forma de gestão do processo construtivo, assim como dos respectivos estaleiros, marca a diferença no resultado final, já que estas actividades interferem com o quotidiano dos cidadãos que frequentemente reclamam da poeira, da lama, do ruído, dos atrasos





no tráfego, da redução do espaço, dos materiais ou do entulho depositado no espaço público, etc. Os inconvenientes resultantes da actividade de um estaleiro são numerosos, salientando-se a produção de resíduos, a emissão de poeiras e partículas, o ruído, o congestionamento do tráfego, o impacto visual e a danificação do espaço público. Normalmente as actividades de construção são sentidas como uma agressão ao meio ambiente e à saúde humana.

O ambiente e o bem estar dos cidadãos são aspectos de inegável relevância a nível mundial. Os efeitos negativos da actividade da construção têm por isso merecido a atenção dos governos de muitos países, que têm fomentado a investigação e procurado implementar medidas no sentido de minimizá-los (Couto, 2001).

Os impactes provocados pelas construções fazem-se sentir no local de implantação do estaleiro e nas suas imediações, degradando o meio ambiente e a qualidade de vida dos cidadãos (Figura 82).



Figura 82: Impactes produzidos pela construção

De facto, todos os intervenientes do sector da construção têm hoje que consciencializar-se da importância da questão ambiental. Construir, não significa só atender aos custos, ao cumprimento de prazos, à garantia da qualidade e a segurança; é ainda necessário respeitar o ambiente e essa atitude poderá beneficiar todos os elementos envolvidos no processo (Couto, 2001).

Na fase de construção devem ser adoptados os princípios e as práticas de sistema de gestão ambiental, respeitar os respectivos objectivos e metas que traduzem os valores de desempenho estabelecidos pelo conceito de construção sustentável. Como exemplo, pode referir-se a gestão ambiental dos estaleiros, com recolha e separação dos resíduos, assim como o aproveitamento de materiais para executar processos construtivos que não exigem materiais com qualidade superior (Pereira, 2009).

Neste capítulo aborda-se a questão do impacto ambiental dos estaleiros de construção, sendo que as categorias de impacto ambiental em si não são aqui focadas, mas serão apresentadas algumas medidas com o intuito de minimizar esses mesmos impactes, de modo a tornar mais pacífica a convivência entre os cidadãos e o sector da construção.

5.2. Directrizes para o processo construtivo sustentável

Sendo que o sector da construção é um dos sectores que provoca maiores impactes ambientais, urge adoptar práticas de construção ambientalmente correctas e conscientes que contribuam significativamente para a redução da quantidade de resíduos, o que se traduzirá em benefícios ambientais e num decréscimo do custo das obras.



5.2.1. Planeamento da obra

O planeamento de uma obra é um trabalho multidisciplinar que só com a conjugação estratégica e cooperação de todos os agentes intervenientes poderá ser bem sucedido, já que esta articulação reduzirá as hipóteses de erros de construção e permitirá a adopção de medidas prévias que minimizem os impactos de construção, quer quanto aos equipamentos utilizados, como aos estaleiros.

Saliente-se ainda o facto de ser de grande importância, que estes mesmos intervenientes assimilem e interiorizem que durante todo o processo construtivo têm de manter parâmetros com características ambientais de elevado grau.

Assim, torna-se necessário sensibilizar os trabalhadores para a necessidade da separação dos resíduos de construção, assim como para a sua recolha regular em recipientes adequados e situados em zonas acessíveis, sendo que o seu destino final deve ser planeado antecipadamente, numa perspectiva ambiental, económica e de sustentabilidade de todo o processo construtivo (Couto, 2001).

A título de exemplo as medidas a implementar nesta fase deverão:

- Incluir as directrizes ambientais nos planos de construção;
- Incluir responsabilidades ambientais no contrato de construção e na fiscalização.

Por vezes, os contratantes não estão devidamente elucidados sobre práticas ambientalmente preferíveis, pelo que a equipa de projecto poderá orientá-los no sentido de os informar que um projecto ambientalmente sustentável poderá ser tão ou mais económico que um projecto convencional, e que poderá ser efectuado sem exigências contratuais ou regulamentares adicionais.

5.2.2. Medidas de prevenção e minimização de impactos

5.2.2.1. Produção de resíduos

A indústria da construção produz grandes quantidades de resíduos. No entanto, esta produção deve ser minimizada e gerida de modo a se obterem benefícios ambientais e económicos. A sua origem é variada, sendo a insensibilidade com que alguns intervenientes no processo construtivo olham para a sua produção e a gestão ineficiente dos materiais nos estaleiros, as suas principais causas.

A produção de resíduos na recepção dos materiais deve-se essencialmente à eliminação de produtos que não cumprem os parâmetros de qualidade especificados no projecto, que ficaram danificados durante o transporte ou cujo fornecimento excede as quantidades solicitadas. A utilização, o manuseamento e disposição inadequados de materiais e componentes de construção, a falta de protecção ou a inutilização do material devido a um período de armazenamento excessivo, podem também conduzir à produção de resíduos (Couto, 2001).

Durante a execução da obra, a produção de resíduos depende em larga escala de toda a equipa interveniente no processo construtivo, já que a mesma pode planear uma construção ambientalmente sustentável. Os trabalhos de demolição, parciais ou totais, são referidos como a principal causa da produção de resíduos (Figura 83).





Figura 83: Resíduos da construção

Assim e pelo acima exposto, se depreende que a gestão dos resíduos na indústria da construção é um tema bastante complexo, que obriga à conjugação de vários factores, nomeadamente: i) redução da produção de resíduos; ii) reutilização de materiais; e iii) reciclagem.

i) Redução da produção de resíduos

Uma gestão assertiva dos resíduos começa pela prevenção e minimização da sua produção, pelo que é de extrema importância que se conjuguem sinergias e que flua uma boa comunicação entre os todos agentes intervenientes no processo construtivo, já que uma comunicação deficiente poderá levar a possíveis demolições e consequentemente, a uma produção desnecessária de resíduos.

Um projecto bem planeado e elaborado, também influi significativamente na redução dos resíduos, dado que os erros de concepção ou especificações insuficientes (quando não detectadas atempadamente), obrigam a demolições e a um acréscimo da produção de resíduos. Não se pode aqui deixar de referir a importância de um correcto armazenamento dos materiais, assim como da sua aplicação, já que o contrário também acarretará a produção desnecessária de resíduos.

ii) Reutilização de materiais

São vários os materiais resultantes das demolições que podem ser reutilizados em novas construções.

Saliente-se que a reutilização destes materiais obriga a um prévio planeamento aquando da sua remoção, tendo de ser efectuada a sua separação dos restantes materiais de demolição. A opção de reutilização é sem dúvida a mais correcta no que concerne a obras de reabilitação e renovação realizadas em centros históricos.

iii) Reciclagem

A reciclagem é uma das formas de valorização dos resíduos, sendo que a sua mais-valia reside na redução do consumo de matérias primas e de energia da actividade produtiva, na consequente preservação dos recursos naturais e na diminuição da quantidade de resíduos a encaminhar para tratamento final.

Muitos materiais provenientes de demolições de edifícios podem ser reciclados e usados como matéria-prima em projectos de construção ou em outros projectos, nomeadamente:

- O alumínio (qualquer liga de alumínio pode ser reciclada). O alumínio é um metal cuja reciclagem permite a redução do consumo energético; um menor consumo de recursos naturais e evita impactes ambientais negativos causados pela extracção e refinação de minério (degradação do solo e emissões de dióxido de enxofre e óxidos de azoto para a atmosfera) (NYC, 2005);





- A madeira é um material de fácil reciclagem, que pode ser utilizado em inúmeras situações. Em Portugal existem algumas empresas cuja actividade é a reciclagem de madeira, nomeadamente as que se dedicam à actividade de produção de aglomerado de madeira;
- O asfalto pode conter mais de 10% de asfalto usado e moído, procedente da pavimentação de estradas, e sendo que uma nova mistura betuminosa pode possuir até 40% de pavimento reciclado (NYC, 2005);
- O aço e os restos de aço podem ser reciclados, sendo uma prática comum em Portugal;
- O betão e os resíduos de betão são a grande percentagem dos resíduos de demolição, podendo ser moídos e utilizados como agregados ou material de base de fundação, não sendo porém uma prática muito usual, mesmos nos países mais desenvolvidos.

Por último, mas não menos importante, importa referir algumas das possíveis aplicações do entulho da construção (restos de betão e argamassa, tijolos, azulejos, etc.), após a sua reciclagem:

- A pavimentação é a forma mais usual de utilização destes resíduos em forma de brita ou em misturas (resíduo com solos). O entulho, usado de per si ou misturado no solo, deve ser processado por equipamentos de britagem/trituração até alcançar a granulometria pretendida, não podendo apresentar solo em proporção superior a 50% em peso, sendo uma forma de utilização muito vantajosa, na medida em que (Camões, 2010):
 - Exige menos tecnologia para reciclar e consequentemente menos custos;
 - Permite que todo o entulho seja utilizado, sem recorrer à sua separação, mesmo o proveniente de pequenas obras que não suportam os custos referentes aos equipamentos de trituração/moagem.
- O entulho reciclado é também utilizado como agregado para betão não estrutural, substituindo os agregados convencionais (areia e brita), contudo, a existência de faces polidas em materiais cerâmicos (azulejos, etc.) interferem negativamente na resistência à compressão do betão produzido. A mistura é feita com cimento e água, tendo a água que ser em quantidade muito superior pelo facto do entulho absorvê-la em grande escala (Camões, 2010).
- Pode também ser utilizado em agregado para argamassa de assentamento e revestimento, desde que a suas granulometrias sejam semelhantes às da areia, existindo no entanto alguns entraves na utilização desta técnica, uma vez que as argamassas de revestimento obtidas apresentaram fissuras, possivelmente pela excessiva quantidade de finos presente no entulho moído. Presentemente estão a ser desenvolvidos estudos tendo em vista a resolução do problema (Couto, 2001).

Assim, caberá ao responsável pela obra e/ou gestão dos resíduos avaliar e implementar as medidas que minimizem a produção de resíduos, destacando-se para além do descrito no ponto 5.2.1 - Planeamento da Obra, as seguintes (NYC, 2005; Couto, 2001; Tshudy, 1996):

- Informar e sensibilizar os operários, assim como todos os intervenientes na execução da obra, das medidas a implementar que ajudem a minimizar a produção de resíduos, já que se torna mais fácil executar quando se conhece a necessidade e a importância das acções;
- Planear e avaliar os materiais necessários à obra, tentando sempre que possível adquirir materiais usados ou com conteúdo reciclado;
- Adquirir produtos que produzam poucos resíduos, ou pelo menos, resíduos menos tóxicos;
- Derrubar o menor número possível de árvores e arbustos quando se procede à limpeza de um terreno para implantação de um estaleiro, já que este tipo de resíduos tem de ser manuseado convenientemente a custos consideráveis;





- Inspeccionar os materiais após a sua recepção, reenviando para o fornecedor os materiais em mau estado;
- Rotular as embalagens dos materiais aquando da sua recepção, registando a respectiva data de entrega, em caso de materiais de fácil deterioração, para que os mais antigos sejam os primeiros a serem utilizados;
- Proteger os materiais da deterioração, armazenando-os em áreas cobertas se estes forem sujeitos à degradação pela chuva/sol e longe das áreas de grande circulação de tráfego, se forem sensíveis à lama e ao pó;
- Separar os resíduos, armazenando-os em contentores separados de acordo com a sua composição. Esta medida não só potencia a sua reutilização e reciclagem como contribui para a segurança e higiene do estaleiro;
- Cada contentor deve indicar qual o tipo de resíduos a que se destina;
- Gerir os contentores de forma adequada, devendo existir em número suficiente para que seja rentabilizado o seu transporte, evitando ao mesmo tempo as emissões poluentes dos respectivos transportes.
- Armazenar em áreas seguras, em recipientes adequados e devidamente etiquetados, químicos e óleos;
- Efectuar demolição selectiva, porque esta medida maximiza o potencial de reutilização e reciclagem dos resíduos de construção, bem facilita a recolha e transporte dos mesmos.

5.2.2.2. Poeiras e partículas

Algumas das actividades desenvolvidas nos estaleiro de construção constituem fontes de emissão de poeiras (Pinto, 1997), que se espalham e depositam nas superfícies, sujando, reduzindo a visibilidade e agravando os problemas respiratórios, especialmente em pessoas com doenças respiratórias crónicas.

É necessário apresentar medidas para o controlo da emissão de poeiras, devendo ser tido em linha de conta a especificidade da obra e o local em que esta é realizada, no que concerne às condições climáticas. Assim, como medidas para redução da emissão de poeiras, destacam-se (Tshudy, 1996):

- Identificar situações produtoras de poeiras;
- Evitar efectuar algumas tarefas em dias de vento (Ex: limpeza do estaleiro)
- Cercar os andaimes de modo a evitar a propagação de poeiras, sendo que é um método vulgarmente utilizado em Portugal;
- Colocar barreiras contra o vento. Num estaleiro de pequenas dimensões, esta solução é viável e reduz a capacidade do vento levantar poeiras;
- Cobrir os materiais armazenados que produzem poeira, assim como todas as cargas susceptíveis de produzi-las, sendo este um dos procedimentos obrigatórios em Portugal;
- Limpar os materiais caídos no pavimento, evitando que o vento ou a passagem de veículos levanten poeiras;
- Efectuar a lavagem de veículos à saída do estaleiro, evitando assim a propagação de poeiras;
- Pulverizar ou humedecer materiais e vias de comunicação, pois ao manter o solo húmido consegue-se controlar a propagação das poeiras. É um método muito utilizado que pode ser adoptado em quase todos os estaleiros de construção, apresentando no entanto algumas falhas, já que quando usado em zonas muito quentes e devido à rápida evaporação, requer várias pulverizações diárias, implicando o dispêndio de muita água.



5.2.2.3. Poluição da água

Nos estaleiros manuseiam-se substâncias e materiais que, ao não existirem as devidas precauções, contribuirão para a poluição da água e do solo e para a danificação das redes públicas de drenagem (Couto, 2001).

Assim, os poluentes podem ser sedimentos resultantes da erosão do solo que são infiltrados com a ajuda da chuva, químicos utilizados na construção, resíduos sólidos, vestígios de metais, tintas e produtos para a conservação da madeira, óleos, solventes, lubrificantes, combustível dos veículos, equipamentos utilizados no estaleiro, entre outros, que quando lançados no solo infiltram-se conjuntamente com a chuva destruindo o solo que atravessam, poluindo as águas subterrâneas e os meios receptores hídricos se atingirem as redes de drenagem de águas residuais. Na maior parte dos casos são necessários muitos anos para inverter a situação.

Os sedimentos e sólidos em suspensão agravam a qualidade da água, turvando-a e impedindo a passagem da luz solar, interferindo com o crescimento das plantas e dos peixes e degradando o habitat aquático, além de que quando arrastados para os sistemas de drenagem podem acumular-se, obstruindo-os e reduzindo a sua capacidade (Couto, 2001).

Assim, com a implementação de medidas é possível a minimização dos efeitos negativos no que concerne à poluição das águas e do solo, bem como à danificação das redes públicas de drenagem resultantes da actividade do estaleiro, das quais destacamos:

- Utilizar câmaras ou fossas de decantação para despejar as águas provenientes da lavagem de equipamentos/ferramentas que contenham betão, sendo que a recuperação/reciclagem destas águas poderá ser vantajosa (Pinto, 1997).
- Armazenar correctamente a areia, gravilha, solo e materiais similares, de modo a que não escorreguem para a rua e para o pavimento, ou não sejam colocadas nas linhas de drenagem, depressões ou cursos de água (EPA, 1998);
- Remover todos os materiais que acidentalmente tenham escorrido para a rua ou valetas (EPA, 1998);
- Não despejar o excesso de material e a água de lavagem dos materiais/equipamentos na rede de drenagem de águas pluviais (EPA, 1998);
- Diminuir a actividade dos veículos no estaleiro durante o tempo húmido e com o piso lamacento (EPA, 1998);
- A área de armazenamento dos resíduos tem de ser num local que não apanhe muita chuva e que não drene directamente para um curso de água (Tshudy, 1996);
- Não retirar os rótulos dos produtos, sempre que contenham informações de segurança importantes (Tshudy, 1996);
- Limpar imediatamente os produtos perigosos acidentalmente derramados;
- Armazenar e manusear cuidadosamente materiais perigosos (óleos usados, tintas, vernizes e solventes).

5.2.2.4. Impacte visual

As agressões visuais causadas pelas obras devem de ser minimizadas, sobretudo em locais turísticos e de lazer, pelo que o estaleiro e todo o ambiente envolvente deverá ser limpo e livre de elementos que o descaracterizem (Ex: cartazes deteriorados, material danificado, etc.).

Embora o impacte visual dos estaleiros não se esgote no uso de vedações adequadas, é no entanto um elemento de grande importância, já que a utilização de vedações não apropriadas, nomeadamente em rede metálica (frequentemente utilizadas) possibilita a visualização da possível desorganização dum estaleiro, além de que sendo “transparente” poderá despertar a curiosidade ou mesmo atrair os transeuntes para junto da obra, o que é perigoso e não recomendável (Figura 84) (Couto, 2001).





Figura 84: Diminuição do impacto visual dos estaleiros de construção

Além disso, quer na remodelação de edifícios ou na construção de edifícios novos, é importante utilizarem-se mecanismos tecnológicos (Ex: estruturas de contenção; guarda corpos devidamente colocados e sinalizados) e de segurança que minimizem o impacto do estaleiro e da própria construção, sendo que em remodelações que impliquem demolições, ficando as fachadas do edifício temporariamente descaracterizadas, é imperativo proteger o edifício com redes colocadas sobre os andaimes, já que além de protegerem os transeuntes e trabalhadores, suaviza o impacto visual da obra.

Saliente-se ainda que a organização e o comportamento dos operários na obra, a qualidade dos trabalhos executados e o estado de limpeza da obra, contribuem também para um impacto visual positivo.

5.2.2.5. Ruído

O ruído é uma das causas potenciadoras da má qualidade de vida dos cidadãos, sobretudo em zonas urbanas, interferindo na comunicação e podendo ter efeitos nefastos na saúde, nomeadamente perda de audição, muito comum em trabalhadores da construção civil após 15 a 20 anos de trabalho, perturbações fisiológicas e do sono, sendo que o ruído emitido pelos estaleiros de construção também contribui para esta situação.

O impacto provocado pelo ruído do estaleiro é tanto maior, quanto mais perto estiver de áreas residenciais, hospitais, escolas, escritórios, etc., sendo que em Portugal se revela um dos impactos da construção com menos prevenção, apenas feita à posteriori, quando existem reclamações (Couto, 2001).

Assim, a redução da emissão de ruído de um estaleiro principia por um planeamento eficaz, já que terão que ser avaliadas as características do estaleiro e aplicadas as medidas mais convenientes para o estaleiro em questão, destacando-se as seguintes:

- Informar-se sobre os valores de emissão de ruído dos diferentes equipamentos a utilizar, podendo assim optar pela compra dos mais silenciosos (Tshudy, 1996);
- Sensibilizar os operários para o manuseamento correcto das máquinas, no que concerne ao ruído emitido, não trabalhando com a potência máxima sem o trabalho o justificar;
- Um correcto planeamento de todo o processo construtivo, evita diatribes entre os agentes intervenientes;
- Desligar os equipamentos ou pô-los em “standby” quando não estão a ser utilizados (Tshudy, 1996);
- Fazer a manutenção das máquinas;
- Utilizar “walkie-talkies” para comunicar com o manobrador de grua (Pinto, 1997);
- Utilização de técnicas ou equipamentos ruidosos durante o menos tempo possível.



5.2.2.6. Aumento do volume de tráfego

A circulação de máquinas e de veículos numa obra, algumas de grande porte, faz aumentar o trânsito local, sobretudo em zonas históricas com ruas estreitas, congestionando-o e gerando perturbações de vária ordem, nomeadamente, longas filas de viaturas que se estendem até locais afastados do estaleiro, obstrução da circulação dos transeuntes, diminuição dos lugares de estacionamento que poderá afectar o comércio se o estaleiro estiver situado próximo de uma área comercial, além de provocar o descontentamento da população e fomentar o desespero e a irritabilidade dos condutores, sendo que os congestionamentos trazem agregados também problemas de ordem económica, ambiental e de segurança (Pinto, 1997).

Estes impactes podem ser minimizados se forem tidas em consideração algumas medidas, sempre sem descuidar as características do estaleiro, como por exemplo:

- Avaliar o volume de tráfego e o impacto do estaleiro no tráfego, antes da sua implantação.
- Reduzir sempre que possível a duração dos trabalhos, libertando o espaço público antes do final da obra (Cardoso, 2000);
- Efectuar as cargas e descargas fora do horário de maior afluência de trânsito;
- Prever sempre que possível a localização de um estaleiro secundário, de apoio à obra e ao estaleiro principal, num local que cause menos transtornos, onde estariam armazenados materiais e equipamentos ainda não necessários às obras em curso (Cardoso, 2000);
- Afixar informação com indicação dos possíveis desvios no trânsito. Quando o impacto no trânsito é muito elevado, esta informação deverá ser divulgada pelos meios de comunicação social, com indicação dos percursos alternativos e duração prevista da situação (Tshudy, 1996);
- Incentivar a utilização dos transportes públicos, caso as obras impliquem grande congestionamento do trânsito.
- Prever percursos pedonais, se a dimensão e impacto da obra o justificar.

5.2.2.7. Danificação do espaço público

O espaço onde ficou implantado o estaleiro, assim como todo o espaço envolvente, poderá sofrer estragos e alterações causadas pelas obras, sendo as mais frequentes restos de argamassas e tinta nos pavimentos e a destruição das zonas ajardinadas.

Os impactes no espaço público poderão ser reduzidos, se forem implementadas e observadas algumas medidas, nomeadamente:

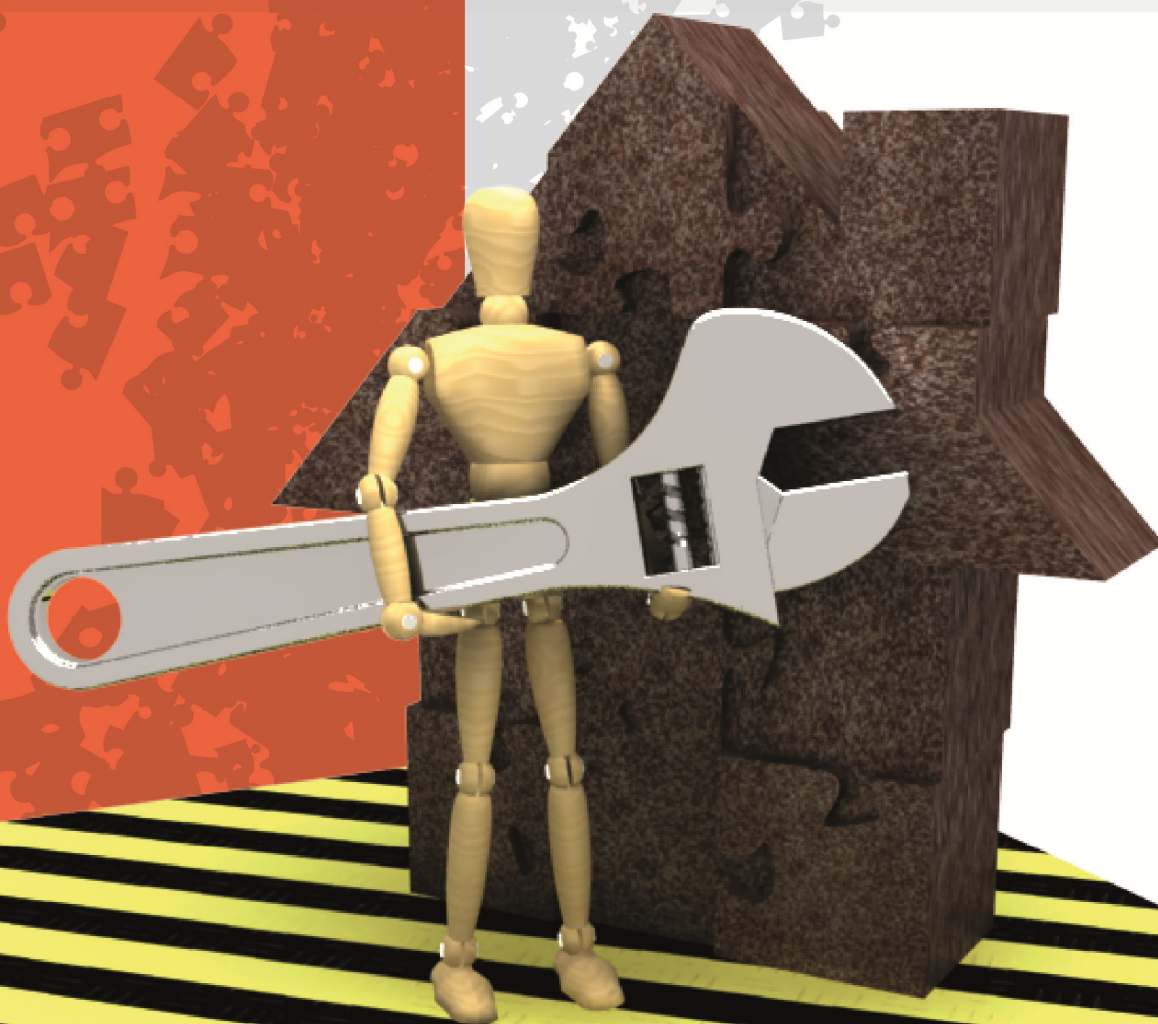
- Não efectuar argamassas directamente sobre o pavimento do espaço público, devendo para o efeito ser utilizado um estrado (Tshudy, 1996);
- Impedir que cheguem ao pavimento águas provenientes da lavagem das ferramentas e de outros equipamentos (Tshudy, 1996);
- Impor sanções pela danificação do espaço público (Tshudy, 1996).

Saliente-se que embora hoje em dia seja prática comum os municípios mandarem repor o que foi danificado durante a obra, deve sempre imperar a prevenção, o bom-senso e o profissionalismo dos intervenientes no processo construtivo.





UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO







CAPÍTULO 6

FASE DE UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

6.1. Introdução

Um edifício devidamente concebido e construído trará uma relação custo-benefício saudável, desde que seja adequadamente operado e mantido. Infelizmente, a implementação de padrões/normas para ambientes de edifícios com qualidade, geralmente termina após a conclusão da construção dos mesmos, sendo que a manutenção não é garantida por códigos ou outra autoridade de regulamentação. Quando estes factores são considerados, conjuntamente com o impacto que as práticas de utilização e manutenção podem ter sobre a satisfação e produtividade dos ocupantes, é claro que os benefícios financeiros de criar e manter ambientes de construção de qualidade superam os custos directamente relacionados com as operações de construção.





Será necessário melhorar os padrões de qualidade através da criação de práticas ao nível do projecto e da execução de modo a produzir edifícios cada vez mais eficientes, melhorando a sua operacionalização e reduzindo os custos relativos ao seu funcionamento. Mas por outro lado, também será necessário que os utilizadores adoptem os procedimentos recomendados no manual de utilização e manutenção (elaborado na fase de projecto), e que realizem inspecções periódicas para a avaliação do estado de desempenho dos diversos elementos do edifício, e recorram a acções de limpeza, reparação e substituição (que também devem constar no manual), de modo a corrigir possíveis falhas no desempenho funcional do edifício. Usadas rotineiramente, estas práticas podem levar a substanciais benefícios económicos e ambientais, tais como a redução do consumo de energia, melhoria na qualidade do ar interior, a eficiência dos recursos e a satisfação dos ocupantes.

Todavia, todos os edifícios deveriam ser acompanhados por um manual de utilização e manutenção, o qual pretende facilitar a correcta utilização e adequada manutenção do edifício, com o objectivo de manter ao longo do tempo as características funcionais e estéticas inerentes ao edifício projectado. Em Portugal, na grande maioria das edificações, verifica-se a inexistência de manuais de utilização e manutenção, dificultando assim a realização de operações de correcção e intervenção. Para além disto, verifica-se um descuido por parte dos utilizadores, perante a necessidade de os edifícios precisarem de intervenções de manutenção de modo a otimizar o seu desempenho.

Durante esta fase é frequente a ocorrência de erros relacionados com o uso indevido, deficientes intervenções ou a ausência de manutenção, sendo que para a minimização destes aspectos seria importante que os utilizadores tivessem acesso a um conjunto de informações e instruções sobre a utilização e manutenção do edifício. Esta situação levaria a uma tomada de consciência e que contribuiria activamente para otimizar a vida útil do edifício.

A concepção de um manual que reúna todas estas informações deverá ser realizado por uma equipa especializada e multidisciplinar, capaz de analisar e avaliar o projecto, e através disto organizar e definir as acções a realizar pelos utilizadores e pelos responsáveis da manutenção do edifício (Agnello, 1996). A Figura 85 elucida sobre a possível organização do manual a fornecer aquando da entrega do edifício ou da habitação. O manual deverá ser composto por duas partes, uma parte que diga respeito à utilização do edifício, onde devem ser definidas e clarificadas as práticas e os cuidados a ter por parte do utilizador, e uma outra parte que faça referência à manutenção, focando e definindo um conjunto de operações de manutenção tendo como objectivo a optimização do desempenho do edifício.



Figura 85: Organização de um manual de utilização e manutenção (fonte: Lopes, 2005)



Assim, neste capítulo pretende-se abordar as questões relacionadas com a utilização do edifício, sobretudo as práticas que levem ao aumento do desempenho do edifício, e introduzir-se a prática da manutenção de edifícios, focando as principais estratégias de manutenção a aplicar durante a vida útil de um edifício.

6.2 Aspectos relacionados com a utilização

Actualmente verifica-se um aumento das exigências dos utilizadores, o que levará ao necessário melhoramento dos padrões de qualidade ao nível do projecto e da construção de modo a produzir edifícios cada vez mais eficientes e que requeiram custos mínimos de utilização e manutenção (Lopes, 2005).

Contudo, para além da necessidade de se melhorar os edifícios em projecto, é necessário também que durante a fase de utilização os ocupantes adoptem práticas e procedimentos recomendados no manual de utilização e manutenção (que lhes deve ser entregue aquando da entrega do edifício ou habitação), por forma a tirarem o melhor proveito possível do edifício a um nível de custos reduzido.

Os tipos de erros mais frequente na utilização e manutenção de edifícios são: erros por uso deficiente (por negligência e/ou falta de informação); erros na execução de operações de manutenção; e erros de ausência de manutenção, o que para se prevenir a ocorrência deste tipo de erros se deverão auxiliar e apoiar no manual.

A utilização do edifício corresponde a etapa mais morosa do seu ciclo de vida, e também é a fase em que todas as abordagens e estratégias das fases anteriores são operacionalizadas.

Nesta fase são fundamentais as medidas para redução dos consumos de energia e água, associados com a ocupação do edifício. Os próprios edifícios podem estar dotados de soluções que levem os seus utilizadores a ter comportamentos mais sustentáveis, nomeadamente a reciclagem dos resíduos domésticos, o uso eficiente de água e energia, ou o correcto manuseamento dos equipamentos. De modo a verificar se as soluções implementadas correspondem aos objectivos pretendidos e se o desempenho das mesmas contribuem positivamente para o desempenho final do edifício, é importante existirem mecanismos de monitorização que permitam avaliar a sua eficiência, face ao que é desejado, para ser possível proceder a sua melhoria contínua (Guia de sustentabilidade na construção, 2008).

6.2.1 Práticas

Nesta subsecção apresentam-se os principais aspectos que devem fazer parte do manual de utilizador e que consciencializarão os proprietários e utilizadores dos edifícios para uma mudança nas suas práticas diárias, podendo mesmo reduzir substancialmente os custos de utilização.





Climatização:

- Escolher o vestuário adequado à estação do ano, mesmo dentro de casa;
- No Inverno, maximizar a entrada da luz solar, levantando estores e abrindo os cortinados. No Verão, evitar a entrada dos raios solares directos durante o dia e facilitar a ventilação natural de noite, abrindo as janelas em lados opostos da casa;
- Evitar climatizar zonas da casa que não estão habitadas;
- Antes de comprar um aparelho de climatização, isolar o edifício convenientemente e escolher um equipamento com potência adequada. Para o efeito, o dimensionamento destes equipamentos deverá ser realizado por especialistas;
- Plantar árvores que forneçam sombra no Verão. As árvores de folha caduca permitem obter sombra apenas no Verão, sem comprometer a iluminação natural;
- Preferir soluções como as caldeiras a biomassa ou os colectores solares térmicos, capazes de contribuir com cerca de 70% da energia necessária para o aquecimento de água.



Iluminação:

- Utilizar a luz natural, sempre que possível, evitando assim consumos desnecessários de electricidade;
- Optar por pintar o interior da habitação com cores claras, pois estas reflectem melhor a luz, reduzindo assim a necessidade de iluminação artificial;
- Utilizar sempre que possível lâmpadas economizadoras de energia. Embora estas sejam mais caras apresentam um custo inicial mais elevado;
- Desligar as luzes sempre que não forem necessárias;
- Limpar regularmente todos os equipamentos de iluminação e as lâmpadas.



Electrodomésticos:

- Os electrodomésticos e equipamentos eléctricos quando deixados em stand-by, continuam a consumir energia. Na compra destes produtos é necessário ter em atenção o consumo do equipamento, sendo que ao comprá-los deverá ser consultada a etiqueta energética;
- Evitar ter vários aparelhos ligados ao mesmo tempo.



Resíduos:

- Proceder à separação dos resíduos;
- Em casa e no trabalho, procurar reutilizar sempre que possível o papel, preferindo as versões electrónicas dos documentos;
- Optar por produtos de tamanho familiar, reduzindo assim o número de embalagens individuais;
- Moderar a utilização de papel de alumínio e de plástico para envolver recipientes;
- Preferir embalagens de vidro às de metal, e de papel às de plástico.



Estes são apenas alguns dos aspectos que podem ser apresentados ao utilizador no manual, fazendo repensar as suas acções diárias.

6.3. Aspectos relacionados com a manutenção

Entende-se por manutenção, um conjunto de medidas necessárias e indispensáveis para garantir o bom estado de funcionamento, utilização, conservação e segurança dos equipamentos/elementos construtivos de um edifício, resultando num conjunto de acções preventivas e correctivas cuja finalidade é preservar o cumprimento satisfatório das funções para as quais o edifício e os seus componentes foram projectados.

6.3.1. Estratégias de manutenção

É possível otimizar o desempenho de um edifício durante a sua fase de utilização, prolongando a sua vida útil, evitando a degradação precoce do mesmo, mantendo o conforto e a satisfação dos utilizadores. Para tal também será necessário a realização de acções de manutenção. Existem três tipos de estratégias de manutenção: a manutenção reactiva, preventiva e integrada, tal como apresentado na Figura 86.

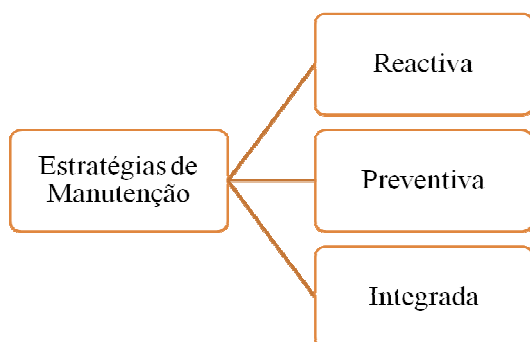


Figura 86: Estratégias de manutenção (fonte: Calejo, 2002)

A manutenção reactiva corresponde ao procedimento de manutenção mais elementar que consiste em deixar ocorrer o processo de degradação, reagindo-se apenas aquando do aparecimento de anomalias, sendo que este tipo de manutenção representa maiores custos aos utilizadores (Lopes, 2005).



A manutenção preventiva caracteriza-se por actuar antes do aparecimento de anomalias, baseando-se nas acções aconselhadas nos manuais de utilização e manutenção e recorrendo ao planeamento de intervenções de manutenção. Este tipo de manutenção optimiza futuros benefícios, isto é, maximiza o retorno dos custos do investimento.

A manutenção integrada distingue-se por ser uma estratégia mais evoluída, isto porque permite interligar acções de manutenção reactiva a procedimentos da manutenção preventiva, sendo principalmente aplicada em edifícios de grande dimensão.

6.3.2. Operações de manutenção

As operações de manutenção definem-se como sendo o conjunto de procedimentos que permitem realizar a manutenção do edifício propriamente dito (Lopes, 2005), sendo que permitem avaliar e corrigir o estado do edifício, garantindo níveis mínimos de qualidade, atrasando o processo de degradação e consequentemente aumentando a sua vida útil.

As operações de manutenção são, por exemplo, a inspecção, a limpeza, a reparação e a substituição, sendo que a periodicidade destas operações deverá vir definida no manual de utilização e manutenção.

Antes de se dar seguimento às operações de manutenção dever-se-ão proceder à eliminação das causas dos fenómenos patológicos de modo a evitar o seu reaparecimento.

6.3.2.1. Inspecção

A inspecção é um mecanismo de avaliação do estado dos diversos elementos do edifício, que permite determinar onde, quando e como actuar por forma a manter ou aumentar o desempenho do edifício. As inspecções devem ser realizadas com o propósito de verificar a necessidade de se executar algum tipo de intervenção ou se as operações de manutenção estão a ser correctamente executadas.

A inspecção poderá ser considerada o elo de ligação entre a utilização e a manutenção de edifícios, sendo que garante a implementação de metodologias adequadas para a detecção de patologias ou de anomalias com o objectivo de as corrigir.

Os três tipos de inspecção são a inspecção corrente, técnica ou especial. As inspecções correntes são simples avaliações com o objectivo de se detectarem anomalias numa fase ainda inicial. Este tipo de inspecção pode muitas vezes ser feito pelo próprio utilizador, que deverá recorrer a meios técnicos, tais como: a máquina fotográfica; a fita métrica; a lupa; de modo a fazer um registo dos fenómenos encontrados.

As inspecções técnicas destinam-se a verificar o desempenho de equipamentos e instalações, como por exemplo, os elevadores, o equipamento de ventilação, gás, entre outros, que devido à sua especificidade devem ser realizadas por entidades credenciadas. Por último, as inspecções especiais têm por objectivo aprofundar o diagnóstico de elementos do edifício, devendo ser realizadas por entidades especializadas, as quais deverão utilizar meios de inspecção mais complexos, por forma a complementar as inspecções correntes.

No manual de utilização e manutenção deverá constar um possível plano de manutenção, que deverá calendarizar todas as operações de manutenção a realizar no edifício e ainda a sua periodicidade de realização.



6.3.2.2. Limpeza

As operações de limpeza têm grande importância para a resolução de determinadas anomalias, como por exemplo, a acumulação de sujidade e poluição, prevenindo assim problemas posteriores, o que as torna uma solução económica.

A limpeza destina-se, para além da finalidade estética, a eliminar tudo quanto seja prejudicial aos elementos do edifício, tendo contudo, atenção que a superfície primitiva deverá ser conservada de modo a preservar tanto quanto possível o aspecto original (Barroso, 2010).

Uma acção de limpeza num edifício consiste na remoção de sujidade, poluição, agentes biológicos, óleos, efluorescências, entre outros, com recurso a métodos correntes de limpeza, tais como, a escovagem manual e/ou mecânica e/ou jacto de água (abrasivo seco ou húmido) com pressão moderada. No entanto, poder-se-á auxiliar a acção de limpeza com diversos produtos químicos conforme o tipo de fenómeno, sendo que é necessário avaliar o tipo de patologia pois o uso incorrecto poderá causar prejuízos desnecessários.

6.3.2.3. Reparação e substituição

A reparação de um elemento pressupõe um conjunto de procedimentos que visam a restituição do seu desempenho inicial, caso contrario seria uma substituição de um elemento por outro de características idênticas. A reparação/substituição de um elemento só será normalmente realizada quando este atingir a rotura funcional, sendo que para prevenir estas situações será necessário que na fase de projecto se prescreva materiais duráveis. Deste modo, minimiza-se o número de intervenções ao longo da vida útil do edifício.

Para além desta acção na fase de projecto, dever-se-á optar por soluções facilmente reparáveis e substituíveis, como por exemplo, a utilização de canalizações embutidas que são de difícil reparação/substituição.

6.3.3. Prioridades da intervenção

A decisão de intervenção deve reger-se por vários critérios, não se devendo limitar apenas a questões técnicas, mas também a aspectos económicos, funcionais, estéticos, ambientais, entre outros, e com base no diagnóstico realizado deverá ser tomada a decisão mais ajustada (Flores, 2004).

As acções de manutenção devem ser definidas em função das suas prioridades, nas quais deverá ser considerado o carácter de urgência, o desempenho do edifício, o efeito negativo dos utilizadores e o orçamento disponível para a manutenção.

A prioridade de intervenção deverá ser definida na fase de projecto, integrando os manuais de utilização e manutenção, tendo em conta informações de projectistas, fabricantes, etc. (Lopes, 2005).

Na maioria dos edifícios a intervenção só é realizada após o aparecimento de anomalias, sendo que na maioria das vezes é tarde. Este tipo de manutenção tardia tem de ser invertida, pois há que otimizar a vida útil do edifício, mas para tal é necessário que haja uma mudança de mentalidades por parte de todos os intervenientes no processo construtivo.

Assim, será fundamental produzir um conjunto de medidas em prol da melhoria do desempenho do edifício, as quais devem ser pensadas na fase de projecto, e que mais tarde se reflectirão na fase de utilização e manutenção do edifício.





ANÁLISE ECONÓMICA DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL







CAPÍTULO 7

ANÁLISE ECONÓMICA

7.1. Visão geral

A razão mais comum citada para a não incorporação de aspectos arquitectónicos sustentáveis em projectos de construção é o aumento do custo em relação à construção tradicional. Alguns decisores mais cépticos, no que respeita à construção sustentável, chegam a apresentar valores na ordem dos 30% para o acréscimo dos custos iniciais em edifícios “sustentáveis”, em relação aos convencionais (Morris, 2007).

De acordo com estudos realizados nos Estados Unidos, o acréscimo médio de custos em edifícios com um nível de sustentabilidade moderado é da ordem dos 1% a 2%, enquanto que níveis mais elevados de sustentabilidade são geralmente associados a acréscimos na ordem dos





10% (Kats, 2003). Porém, o verdadeiro desafio consiste em demonstrar que o custo do ciclo de vida do edifício não é sacrificado pelo aumento do desempenho sustentável do mesmo.

Os custos iniciais de um edifício sustentável dependem em grande parte de uma ampla gama de factores, incluindo o tipo de construção, a localização do projecto, o clima local, as condições do local e a familiaridade da equipa de projecto neste domínio (Morris, 2007). Assim sendo, os custos da construção sustentável devem ser analisados numa perspectiva equilibrada do seu ciclo de vida, onde devem ser considerados os diversos custos e proveitos associados ao edifício, desde as fases preliminares de projecto até ao final da sua vida útil (Mateus, 2009).

Actualmente, a maioria dos investidores continua a pensar que a adopção de soluções sustentáveis aumenta os riscos financeiros, os custos de capital e consequentemente as dificuldades em aceder ao crédito, e que não associa qualquer mais-valia aos seus produtos (Limão, 2007).

Uma abordagem simples para a compreensão dos custos associados a esta prática construtiva é a análise custo-benefício, que de certo modo ajuda no processo de decisão e opção pela construção sustentável. Assim sendo, esta abordagem torna-se uma mais valia económica em que os custos e os benefícios são comparados tendo em conta o ciclo de vida do edifício.

A análise custo-benefício é um método de avaliação de projectos que quantifica, em termos monetários os seus impactes, isto é, os seus benefícios e respectivos custos (Boardman *et al.*, 2001). O desenvolvimento desta análise deve-se sobretudo a novos desafios, aos problemas e políticas ambientais, que proporcionam assim uma avaliação económica das diferentes fases do ciclo de vida de um edifício.

A procura pela sustentabilidade nas diferentes fases de um edifício pode ser feita com base nesta análise custo-benefício, pois ajuda a determinar a viabilidade económica de cada solução através da integração de todos os benefícios e de todos os custos, possibilitando a comparação entre os custos e os benefícios das diferentes soluções e ajudando na selecção da opção cujo desempenho ambiental acompanha a vertente económica do projecto.

Um aspecto essencial, e que fará a diferença para a avaliação económica da construção sustentável, é a integração das práticas sustentáveis desde o início do projecto. Nos edifícios novos, esta medida permitirá não só otimizar o desenho dos mesmos, como também na escolha de materiais e tecnologias inovadoras (CE, 2003).

A adopção de algumas estratégias nas fases de concepção e construção permitem minimizar os custos iniciais de um edifício, nomeadamente (Mateus, 2009):

- Optimizar a implantação e a orientação do edifício;
- Reutilizar/reabilitar edifícios existentes e reutilizar/reciclar materiais;
- Reduzir a dimensão do edifício;
- Excluir acabamentos e outros recursos desnecessários;
- Evitar o sobredimensionamento estrutural e a produção de resíduos durante a fase de construção;
- Explorar todas as potencialidades do projecto integrado, incluindo a optimização dos sistemas de energia;
- Utilizar estratégias de gestão de resíduos da construção;
- Diminuir a quantidade de infra-estruturas no terreno.

Para além dos custos de investimento inicial, os custos de operação e manutenção também devem ser ponderados aquando dum estudo de viabilidade económica da construção sustentável. Deste modo, é possível minimizar substancialmente os custos de utilização de um edifício através da integração de um conjunto de estratégias que permitam, entre outros, a utilização



eficiente de energia e de água e a minimização das necessidades de manutenção. A Figura 87 exemplifica a adopção de práticas, em diferentes fases do processo de construção, e a sua relação com o custo inicial de investimento.

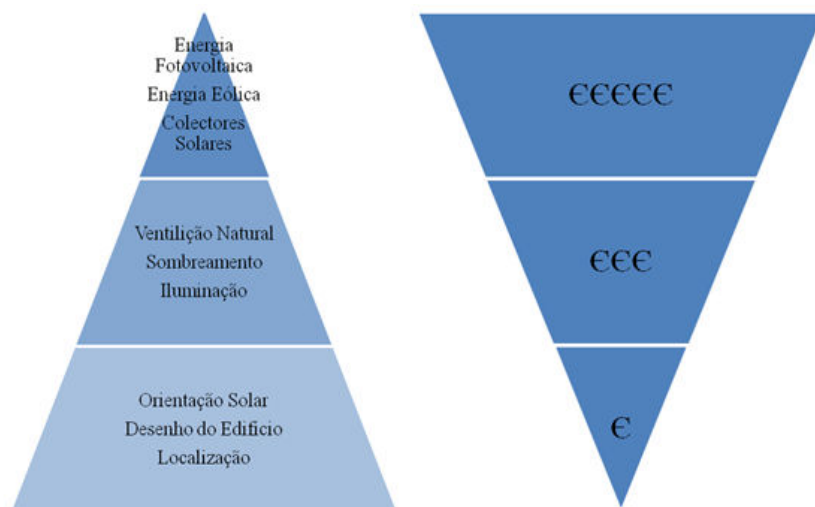


Figura 87: Exemplo do custo de implementação de soluções face à fase em que são projectadas (fonte: adaptado de ESC, 2002)

Para além de uma análise económica que avalie os custos e benefícios, a fim de determinar a viabilidade económica das estratégias sustentáveis a implementar nos edifícios, o êxito da construção sustentável também depende de uma mudança nos parâmetros de desenvolvimento económico actuais, devendo estes parâmetros ser promovidos por critérios económicos e políticos, tais como (UEI, 2002):

- Mais valias económicas, pois os edifícios sustentáveis devem ser valorizados no mercado;
- Incentivos externos de apoio de instituições e do governo;
- Normas técnicas;
- Desenvolvimento de tecnologias e materiais que careçam de menores custos.

Contudo, os estudos demonstram que a construção sustentável está ao alcance da indústria da construção, sendo que as metas, estratégias e orçamentos podem ser facilmente estabelecidos e integrados durante a fase de ante-projecto. Assim sendo, a questão aqui não deverá ser “Quanto vai custar?”, mas sim “Como vamos projectar um edifício sustentável?”. A sustentabilidade não deve ser um item ignorado na construção.



A SUSTENTABILIDADE COMO META FUTURA







CAPÍTULO 8

A SUSTENTABILIDADE COMO META FUTURA

8.1. Introdução

Actualmente é possível encontrar no mercado alguns produtos, soluções e edifícios que se auto-intitulam mais sustentáveis do que os convencionais. No entanto, alguns deles podem na verdade, não apresentar quaisquer vantagens relativamente às soluções convencionais, pelo que o rótulo “sustentável” é utilizado numa tentativa de potenciar o aumento de vendas.

É, portanto, fundamental proceder-se se à avaliação da sustentabilidade das construções ou das soluções construtivas de modo a identificar aquelas que realmente potenciam um futuro mais sustentável para a construção. Neste sentido, com a crescente preocupação em, por um lado, introduzir o conceito de sustentabilidade na construção e, por outro, reconhecer o esforço das





equipas de projecto no desenvolvimento de soluções mais sustentáveis, que têm sido desenvolvidos diversos sistemas que permitem reconhecer e avaliar o desempenho dos edifícios, e em particular o desempenho ambiental.

Um passo importante no desenvolvimento destes sistemas foi a introdução de certificações que permitem classificar o desempenho de um edifício e, ao mesmo tempo, criar mecanismos de demonstração desse mesmo desempenho e de melhoria contínua do edifício. Os sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável têm como objectivo garantir a sustentabilidade dos edifícios durante a totalidade do seu ciclo de vida, promovendo e tornando possível uma melhor integração entre os parâmetros ambientais, sociais, funcionais, económicos e outros critérios convencionais (Mateus & Bragança, 2006).

Durante a fase de concepção estes sistemas são relevantes por permitirem reunir e reportar informação para suportar as tomadas de decisão no sentido da integração da sustentabilidade nos projectos.

Em 1990, no Reino Unido surgiu a primeira metodologia de avaliação para o desempenho ambiental dos edifícios, denominada de sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Até essa altura, poucas ou nenhuma tentativas tinham sido realizadas para o estabelecimento de um método objectivo e compreensível que avaliasse simultaneamente um leque de considerações ambientais e oferecesse uma avaliação do desempenho geral do edifício (Kibert, 2007).

Atendendo à importância que a sustentabilidade tem na construção, levou ao aparecimento de orientações e guias para a construção sustentável, novos processos de avaliação e verificação de critérios de sustentabilidade nos edifícios e ainda de especialistas para o apoio, desenvolvimento e avaliação deste tema. Actualmente, existe uma variedade de ferramentas no mercado da construção que têm sido utilizadas na avaliação da construção sustentável e/ou no apoio à concepção sustentável.

A existência de um método de avaliação da sustentabilidade ambiental na construção reflecte a importância e o impacto do conceito de construção sustentável. A principal função da sustentabilidade na construção é fornecer, tanto aos utilizadores, como aos proprietários, as características e os critérios necessários para um padrão ambiental, social e económico mais elevado. Com isto, a consciência ambiental das práticas de construção aumenta e toda a indústria da construção pode avançar para a protecção do ambiente em busca da sustentabilidade (Ding, 2008).

8.2. Sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade nos edifícios

Os sistemas e as ferramentas de avaliação têm como principal objectivo reconhecer a construção sustentável e garantir a sustentabilidade dos edifícios durante todo o seu ciclo de vida, promovendo e tornando possível uma melhor interligação entre os parâmetros ambientais, sociais, funcionais e económicos (Bragança & Mateus, 2006). Estes sistemas visam promover a utilização de práticas e métodos de construção que aumentem a sua durabilidade, reduzindo simultaneamente os impactos ambientais negativos do edifício e aumentando a qualidade de vida, saúde e bem-estar dos seus ocupantes.

A maioria dos sistemas de avaliação dos edifícios é constituído por um conjunto de categorias, as quais agregam uma série de indicadores de desempenho. A cada um destes indicadores/critérios está atribuída uma pontuação, sendo que é contabilizada desde que a totalidade das condições desse indicador sejam cumpridas. Além dos créditos pontuáveis,



existem também pré-requisitos para a maioria das categorias, os quais devem ser obrigatoriamente cumpridos, caso contrário o edifício nunca poderá vir a obter uma avaliação positiva.

Na maioria dos sistemas de avaliação, os indicadores de desempenho são ponderados, isto é, os vários indicadores numa estrutura de avaliação têm importâncias (pesos) distintas, retratando desta forma os principais problemas locais. Dentro do mesmo sistema, nem todos os indicadores têm a mesma importância, pois o mesmo indicador pode ter uma relevância distinta consoante o local de implementação do novo edifício. Esta variabilidade do peso de cada indicador e parâmetro é um factor que dificulta o processo de avaliação, uma vez que o peso (ponderação) dos indicadores pode não ser fixo, dependendo do contexto político, legislativo, tecnológico, cultural, social, económico e ambiental de cada país ou de cada região (Mateus & Bragança, 2006).

Devido às dificuldades mencionadas anteriormente, não existe actualmente uma metodologia que seja internacionalmente aceite, uma vez que as abordagens e ponderações dos indicadores não podem ser iguais para todos os países e para todos os casos. Este problema prende-se com a subjectividade associada ao conceito da “sustentabilidade”, e os objectivos para atingir o desenvolvimento sustentável num país podem ter uma importância distinta noutro.

Nesta secção apresentam-se algumas das ferramentas mais utilizadas a nível internacional e nacional, na avaliação e certificação do desempenho ambiental e sustentabilidade dos edifícios. Na Tabela 32 encontram-se listadas as diferentes metodologias analisadas neste trabalho.

Tabela 32: Listagem das metodologias de avaliação e certificação da sustentabilidade

Ferramenta/Denominação da metodologia	Desenvolvida por
BREEAM	Building Research Establishment (BRE)
LEED for Homes	United States Green Building Council (USGBC)
SBTool ^{PT}	International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE)

8.2.1. Sistema BREEAM

O sistema BREEAM foi pioneiro nos sistemas de avaliação ambiental em edifícios, tendo sido lançado no Reino Unido em 1990. O objectivo deste sistema consiste em estabelecer critérios e padrões, que vão além do imposto na legislação, encorajar a utilização das melhores práticas ambientais, em todas as fases dos edifícios, e distinguir edifícios com reduzido impacto ambiental no mercado (Pinheiro, 2006). A Tabela 33 sintetiza a informação acerca do Sistema BREEAM.

Tabela 33: Informação sobre o Sistema BREEAM

Informação	
Denominação:	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
Desenvolvida por:	Building Research Establishment (BRE)
País de utilização:	Reino Unido





Figura 88: Rótulo do sistema BREEAM

A avaliação através do sistema BREEAM funciona com base numa lista de créditos, aos quais são atribuídos pesos específicos, de acordo com a relevância determinada pelo sistema para a tipologia de edifício em causa. O conjunto de créditos e pesos permite assim obter o índice de desempenho ambiental do edifício (Tabela 34).

Tabela 34: Critérios avaliados pelo Sistema BREEAM

Critérios

1. Energia e emissões de CO2

Taxa de emissões do edifício
Isolamento da envolvente exterior
Iluminação dos espaços interiores
Local para a secagem de roupa
Nível de certificação energética dos grandes electrodomésticos
Iluminação dos espaços exteriores
Tecnologias de baixo ou nulo carbono
Parqueamento de bicicletas

2. Água

Utilização de água potável no interior
Utilização de água no exterior

3. Materiais

Impacte ambiental dos materiais
Materiais provenientes de fontes responsáveis – elementos construtivos principais
Materiais provenientes de fontes responsáveis – elementos construtivos de acabamento

4. Drenagem das águas pluviais

Gestão das águas superficiais do local de intervenção
Risco de cheia

5. Resíduos

Armazenamento dos resíduos sólidos domésticos recicláveis e não recicláveis
Gestão dos resíduos de estaleiro
Compostagem

6. Poluição

Potencial de Aquecimento Global dos materiais isolantes
Emissões de NO

7. Saúde e bem estar

Iluminação natural
Isolamento sonoro.
Privacidade
Adaptabilidade e flexibilidade

8. Gestão

Manual de utilização da habitação
Perfil ambiental e social das empresas de construção
Impacte ambiental do estaleiro de construção
Segurança



Tabela 34 (cont.): Critérios avaliados pelo Sistema BREEAM

Critérios

9. Ecologia

Valor ecológico do local
Melhoria do valor ecológico do local
Protecção da ecologia
Alteração do valor ecológico do local
Pegada ecológica do edifício

A comunicação dos resultados obtidos através da metodologia BREEAM realiza-se a quatro níveis possíveis, tal como apresentado na Tabela 35, a partir do número de pontos obtidos na *checklist* apresentada anteriormente.

Tabela 35: Níveis de classificação utilizado pelo sistema BREEAM

Nível de classificação

Aceitável

Bom

Muito Bom

Excelente

8.2.2. Sistema LEED

O sistema de certificação LEED foi desenvolvido nos Estados Unidos pelo US Green Building Council (USGBC), sendo o sistema de avaliação da sustentabilidade em construção mais utilizado, em grande parte devido à forte influência que os Estados Unidos possuem. A Tabela 36 sintetiza a informação acerca do Sistema LEED.

Tabela 36: Informação sobre o Sistema LEED

Informação

Denominação:	Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)
Desenvolvida por:	United State Green Building Council (USGBC)
País de utilização:	Estados Unidos

Esta entidade não governamental tem em vista promover edifícios que são ambientalmente responsáveis e lucrativos, bem como lugares saudáveis para viver e trabalhar, através de técnicas tecnológicas. O sistema avalia o desempenho ambiental do edifício ao longo das suas fases do ciclo de vida.



Figura 89: Rótulo do sistema de avaliação LEED

Estão disponíveis muitas versões do LEED, destinadas a diferentes utilizações. Neste trabalho apenas contemplaremos o “LEED for Homes”, o qual se destina apenas aos edifícios residenciais, existindo outras versões LEED que cobrem outros tipos de edifícios (Tabela 37).

Tabela 37: Critérios avaliados pelo Sistema LEED for Homes

Critérios

1. Inovação e processo de concepção (ID)

1.1. Projecto integrado

- Certificação preliminar.
- Equipa integrada de projecto.
- Profissionais credenciados na metodologia LEED for HOMES..
- Estratégia de projecto do tipo “Charrete”.
- Orientação solar do edifício.

1.2. Gestão da qualidade para a durabilidade

- Planeamento da durabilidade.
- Gestão independente da durabilidade.
- Certificação da gestão da durabilidade.

1.3. Projecto inovador/regional

2. Localização e interacção (LL)

2.1. LEED-ND

- Satisfação dos requisitos da metodologia LEED for Neighborhood Design (método alternativo)

2.2. Selecção do local

- Selecção do local

2.3. Localizações preferenciais

- Projecto situado na fronteira do ambiente construído
- Projecto situado no interior da malha urbana
- Terreno anteriormente utilizado

2.4. Infra-estruturas

- Infra-estruturas existentes no local

2.6. Acesso ao espaço exterior

- Acesso ao espaço exterior

3. Locais sustentáveis (SS)

3.1. Administração do terreno

- Erosão
- Minimização da área de terreno alterada

3.2. Arranjos exteriores

- Não utilização de plantas invasivas
- Aspectos básicos relacionados com a concepção de espaços exteriores
- Limitação do uso de relva convencional
- Utilização de plantas resistentes à seca
- Redução das necessidades totais de rega em pelo menos 20% (método alternativo)

3.3. Efeito local de ilha de calor

- Redução do efeito local de ilha de calor

3.4. Gestão das águas superficiais

- Arranjos exteriores permeáveis
- Controlo permanente da erosão
- Controlo do escoamento das águas provenientes das coberturas

3.5. Desinfestação

- Desinfestação com utilização de métodos alternativos

3.6. Desenvolvimento compacto

- Baixa densidade
- Alta densidade
- Muito alta densidade

4. Eficiência na utilização da água

4.1. Reutilização de água

- Sistema de reutilização da água da chuva
- Sistema de reciclagem de águas cinzentas
- Utilização de sistemas municipais de águas reciclada



Tabela 37 (cont.): Critérios avaliados pelo Sistema LEED for Homes

Critérios

4.2. Sistema de rega

- Sistema de rega de elevada eficiência.
- Inspeção do sistema por parte de uma entidade independente.
- Redução das necessidades globais de rega em pelo menos 45% (método alternativo)

4.3. Utilização de água no interior

- Existência de dispositivos e de equipamentos de utilização de elevada eficiência
- Existência de dispositivos e de equipamentos de utilização de muito elevada eficiência
- Produtos de baixo impacto ambiental

5. Energia e atmosfera (EA)

5.1. Isolamento

- Nível de isolamento convencional
- Nível de isolamento superior ao convencional

5.2. Infiltração de ar

- Envoltivo de permeabilidade reduzida
- Envoltivo de permeabilidade muito reduzida
- Envoltivo de permeabilidade mínima

5.4. Sistemas de distribuição de calor e frio

- Perdas reduzidas na distribuição
- Perdas muito reduzidas na distribuição
- Perdas mínimas na distribuição

5.5. Equipamento de aquecimento e arrefecimento dos espaços

- Adequada concepção do equipamento de ventilação e de ar condicionado (AVAC)
- Equipamento de ventilação e ar condicionado de elevada eficiência
- Equipamento de ventilação e ar condicionado de muito elevada eficiência

5.6. Aquecimento de águas sanitárias

- Distribuição eficiente de água quente
- Isolamento das canalizações
- Equipamentos domésticos de água quente eficientes

5.7. Iluminação

- Lâmpadas com a certificação “Energy Star”
- Solução melhorada de iluminação
- Solução avançada de iluminação

5.8. Electrodomésticos

- Electrodomésticos de elevada eficiência
- Máquinas de lavar roupa de baixo consumo de água

5.9. Energia renovável

- Sistemas de energia renovável

5.10. Gestão dos refrigerantes utilizados nos equipamentos dos edifícios residenciais

- Teste de carga dos refrigerantes
- Utilização de refrigerantes apropriados nos equipamentos AVAC

6. Materiais e recursos (MR)

6.1. Material – estrutura eficiente

- Aquisição de elementos estruturais que cumpram o valor limite para o factor de perdas
- Peças desenhadas detalhadas da estrutura
- Listagem detalhada das diversas peças que compõem a estrutura
- Eficiência estrutural
- Pré-fabricação (método alternativo)

6.2. Produtos de baixo impacto ambiental

- Madeiras tropicais certificadas pela FSC

6.3. Gestão de resíduos

- Plano de gestão dos resíduos de construção
- Redução dos resíduos de construção

Tabela 37 (cont.): Critérios avaliados pelo Sistema LEED for Homes

Critérios

7. Qualidade do ambiente interior

7.1. Energy Star, incluindo requisitos relacionados com a qualidade do ar interior

Satisfação dos requisitos da certificação “Energy Star”, incluindo os requisitos IAP. (método alternativo)

7.2. Exaustão de gases de combustão

Medidas básicas de exaustão dos gases de combustão

Medidas avançadas de exaustão dos gases de combustão

7.3. Controlo da humidade

Controlo da produção de humidade

7.4. Ventilação

Medidas básicas de ventilação

Medidas avançadas de ventilação

Avaliação independente do nível de ventilação

7.5. Exaustão local (casas de banho e cozinhas)

Medidas básicas de exaustão local

Medidas melhoradas de exaustão local

Avaliação independente do nível de exaustão local

7.6. Distribuição da temperatura no espaço

Quantificação dos ganhos por compartimento

Conduas de retorno do fluxo de ar

Avaliação independente do nível de distribuição da temperatura no espaço

7.7. Filtragem do ar

Filtros de boa qualidade

Filtros de qualidade superior

Filtros de melhor qualidade

7.8. Controlo de poluentes

Controlo de poluentes interiores durante a fase de construção

Controlo de poluentes interiores

Remoção dos poluentes antes da ocupação dos espaços

7.9. Protecção contra o gás rádio

Construção resistente ao rádio em zonas de risco elevado

Construção resistente ao rádio em zonas de risco moderado

7.10. Protecção contra os poluentes emitidos nas garagens

Inexistência de AVAC nas garagens.

Minimização da migração de poluentes a partir da garagem

Existência de exaustão de gases na garagem

Garagem localizada fora do corpo do edifício ou inexistente

8. Sensibilização e educação (AE)

8.1. Educação do dono da habitação ou locatário

Explicação das funções básicas

Explicações detalhadas

Sensibilização pública

8.2. Educação do gestor do edifício/condomínio

Educação do gestor do edifício/condomínio

Este sistema, tal como o anterior, avalia e mede os impactes ambientais da construção, exigindo pré-requisitos que após verificados poderão ser classificados em quatro categorias, tal como apresentado na Tabela 38. Ou seja, um edifício classificado como platina (“platinum”) será aquele que possui menores impactes ambientais e maior eficiência, sendo por isso, mais sustentável.



Tabela 38: Níveis de classificação do LEED

Nível de classificação LEED
Silver (prata)
Gold (ouro)
Platinum (platina)



Figura 90: Rótulos de classificação LEED

8.2.3. Ferramenta SBToolPT – H

O SBTool^{PT} é um sistema que tem como principal objectivo apoiar os projectistas, desde a fases mais preliminares de projecto, no desenvolvimento de um ambiente construído mais sustentável. Por outro lado, permite a avaliação e certificação da sustentabilidade de edifícios, novos e renovados, situados principalmente em zonas urbanas.



Figura 91: Rótulo da ferramenta SBTool^{PT}

Adicionalmente, a metodologia foi pensada de modo a consciencializar os diversos decisores no mercado da construção português no sentido da adopção de soluções que conduzem ao desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis.

Esta abordagem tem por base a estrutura do sistema internacional de avaliação da sustentabilidade SBTool (Sustainable Building Tool). O SBTool é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios, tendo sido desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment) e é o resultado da colaboração em consórcio de equipas de mais de 20 países (Tabela 39).

Tabela 39: Informação sobre a ferramenta SBTool^{PT}

Informação	
Denominação:	Sustainable Building Tool
Desenvolvida por:	International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE)
País de utilização:	Portugal

O SBTool^{PT} foi adaptado à realidade portuguesa pela representação nacional da iiSBE (Associação iiSBE Portugal), em colaboração com o Laboratório de Física e Tecnologia das



Construções da Universidade do Minho (LFTC-UM) e a empresa do sector privado EcoChoice. O sistema assenta num conjunto de 25 indicadores e 9 categorias que resumem o comportamento de um projecto em relação a alguns aspectos-chave da sustentabilidade (Tabela 40).

Tabela 40: Critérios avaliados pela ferramenta SBTTool^{PT} – H

Dimensões	Categorias	Indicadores	Parâmetros
Ambiental	C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	● Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios	○ Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida do edifício por m2 de área útil de pavimento e por ano
	C2 - Uso do solo e biodiversidade	● Densidade Urbana	○ Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível
			○ Índice de impermeabilização
		● Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado	○ Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada
		● Uso de plantas autóctones	○ Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones
	C3 - Energia	● Efeito de ilha de calor	○ Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%
		● Energia primária não renovável	○ Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização
		● Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis	○ Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis
	C4 - Materiais e resíduos sólidos	● Reutilização de materiais	○ Percentagem em custo de materiais reutilizados
		● Utilização de materiais reciclados	○ Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício
		● Recurso a materiais certificados	○ Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados
		● Uso de substitutos de cimento no betão	○ Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão
		● Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício	○ Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos
	C5 - Água	● Consumo de água	○ Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício
		● Reutilização e utilização de água não potável	○ Percentagem de redução do consumo de água potável
Social	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	● Eficiência da ventilação natural em espaços interiores	○ Potencial de ventilação natural
		● Toxicidade dos materiais de acabamento	○ Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV
		● Conforto Térmico	○ Nível de conforto térmico médio anual
		● Conforto Visual	○ Média do Factor de Luz do Dia Médio
		● Conforto Acústico	○ Nível médio de isolamento acústico
	C7 - Acessibilidade	● Acessibilidade a transportes públicos	○ Índice de acessibilidade a transportes públicos
		● Acessibilidade a amenidades	○ Índice de acessibilidade a amenidades
	C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade	● Formação dos ocupantes	○ Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício
Económica	C9 - Custos de ciclo de vida	● Custo de investimento inicial	○ Valor do custo do investimento inicial por m2 de área útil
		● Custos de utilização	○ Valor actual dos custos de utilização por m2 de área útil



A comunicação dos resultados obtidos através da metodologia SBTool^{PT} – H realiza-se através do certificado de sustentabilidade apresentado na Figura 92.

Neste certificado consta a identificação do edifício, nomeadamente, o tipo de edifício e o seu local de implantação, apresentando também a “etiqueta da sustentabilidade” através da qual é apresentado o nível de sustentabilidade do edifício e o seu desempenho ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável, sendo que refere ainda no final o desempenho do edifício ao nível de cada uma das nove categorias da metodologia (Guia de Avaliação do SBTool).

Certificado de Sustentabilidade
SB TOOL^{PT}
Instrumento para a certificação sustentável

1- IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

TPO: ☐ Edifício Individual ☐ Edifício Multifamiliar

MOBILIDADE / SITUAÇÃO

Localização: _____

Características: _____

Condições: _____

Intervenção: _____

Edifício: _____

Ass. Manutenção: _____

2- ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE

Desempenho ao nível de cada dimensão (Nota Global (NG))

Legenda:

SB TOOL^{PT}

NG: Nota Global

SB: Nota de Sustentabilidade

SA: Nota de Saúde

SE: Nota de Economia

SG: Nota de Gestão

SG: Nota de Gestão

3- DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CATEGORIA

Legenda:

C1: Energia (incluindo a qualidade do ar interior)

C2: Ambiente

C3: Energia

C4: Qualidade do ar interior

C5: Água

C6: Materiais e recursos

C7: Sustentabilidade

C8: Qualidade do ar interior

C9: Qualidade do ar interior

Nome do responsável pelo conteúdo do certificado: _____

Avaliação: _____

Data de emissão: _____

ISBE

International Institute for a Sustainable Built Environment

Figura 92: Rótulo utilizado para comunicar a sustentabilidade de um edifício avaliado através da metodologia SBTool^{PT} – H

8.3. Expectativas, tendências e oportunidades

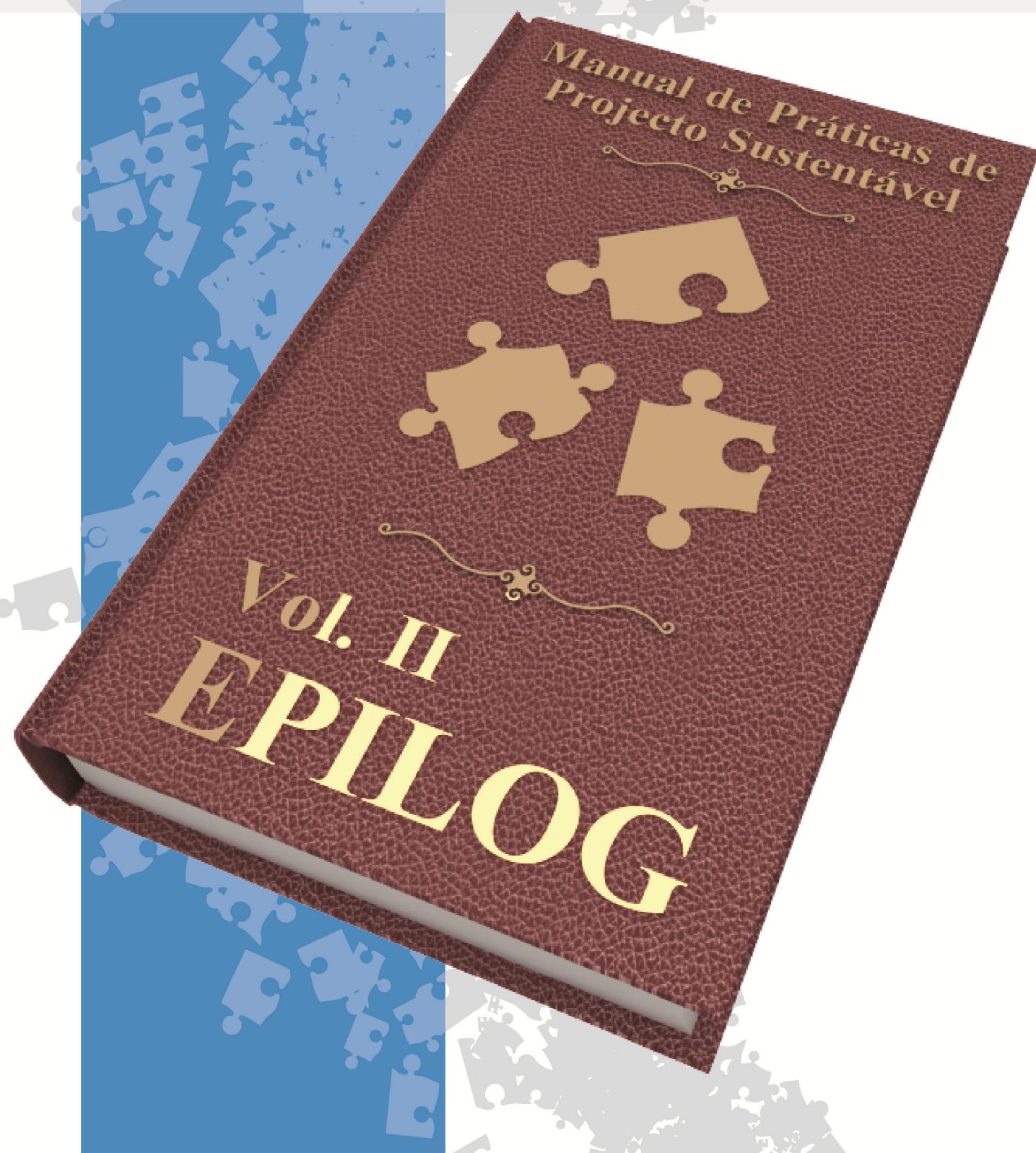
Assiste-se actualmente a um sólido e crescente movimento pró-sustentabilidade que tem vindo a espalhar-se rapidamente pelo mundo inteiro. Em Portugal, já se vislumbram reflexos desta evolução, com a crescente adopção dos conceitos.

No entanto, ainda existem desafios para o desenvolvimento de um mercado de construção sustentável, entre os quais, a implementação de políticas coerentes, incentivos aos promotores de modo a promover a implementação de novas práticas construtivas mais sustentáveis, e o desenvolvimento de tecnologias, materiais e normas mais adequadas.

Perante os novos paradigmas que se descortinam, será necessário adoptar novas posturas. Avaliar todo o ciclo de vida dos edifícios, desde o estudo preliminar, passando pela concepção, construção, operação e manutenção, até ao reuso ou reabilitação do edifício, projectar incorporando os princípios da construção sustentável, entre outras, deverão passar a estar presentes na rotina diária da indústria da construção.



CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS





PARTE III

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPÍTULO 9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1. Conclusões

Neste capítulo apresenta-se uma síntese dos principais assuntos abordados e desenvolvidos ao longo dos capítulos desta dissertação.

Este trabalho teve como principal domínio a sustentabilidade na construção, sendo este um tema actual e em forte expansão. A indústria da construção, nomeadamente o sector dos edifícios, tem um elevado impacto sobre as três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, social e económica). A sustentabilidade no domínio da construção constitui um desafio, pelo que a sua incorporação na concepção, construção e utilização dos edifícios deverá assentar na maximização do desempenho dos mesmos, ao nível de cada uma das dimensões referidas anteriormente.





O presente manual teve por base conteúdos técnicos e científicos, que se debruçaram sobre os vários temas que integram a construção sustentável, através do recurso a uma linguagem simples e de fácil compreensão, de modo a perceber a importância da construção sustentável e o desempenho do seu papel no sector da construção.

Tendo em conta a crescente preocupação ambiental e as suas repercussões económicas e sociais, tem-se vindo a verificar um movimento de alteração no modo de pensar a construção de edifícios. Deste modo, na parte I deste trabalho definiu-se o conceito de “construção sustentável”, sendo referenciada a importância deste tipo de construção para a minimização dos impactos ambientais, e as consequentes vantagens associadas. Neste capítulo, referiu-se ainda a construção sustentável como uma mais-valia para o sector da construção, mas sem esquecer os seus principais obstáculos. Dado os aspectos apresentados nesta parte, torna-se evidente que é necessário e imperativo que haja uma mudança na indústria da construção.

Actualmente, encontra-se em pleno processo de alteração os mais sólidos paradigmas da construção de edifícios no que respeita quer às práticas e técnicas de execução, quer à evolução dos conceitos e das metodologias. Perante isto, a parte II orienta as equipas de projecto e restantes intervenientes, através da apresentação de práticas e estratégias a adoptar na concepção de edifícios sustentáveis e noutras fases do ciclo de vida do mesmo. Para amenizar os impactos provocados pelo sector da construção é necessário actuar rapidamente, sendo que urge a implementação de práticas simples ao longo do ciclo de vida das construções, o que conduzirá a edifícios sustentáveis que irão satisfazer as expectativas dos ocupante e a um mínimo de impacto ambiental e de custos. Ao longo deste manual foram apresentadas práticas que facilitarão a implementação de melhorias no desempenho ambiental e social dos empreendimentos, estruturadas de acordo com as fases do ciclo de vida do edifício, salientando-se no entanto que para corrigir esta lacuna torna-se necessária uma atitude pedagógica que deve começar por informar os diversos intervenientes na construção, nomeadamente os clientes, das vantagens individuais e colectivas associadas a este conceito, evidenciando a contribuição da sustentabilidade para a diminuição dos encargos relacionados com a utilização e manutenção de um edifício.

A Construção Sustentável deve ser a evolução obrigatória da forma de pensar e executar um projecto actualmente. A forma como se projecta/concebe e as decisões tomadas determinam o resultado final – edifícios sustentáveis. A equipa de projecto, por vezes, não leva em conta características importantes, tais como, a orientação, iluminação natural, ventilação, características climáticas, entre outras. Assim, espera-se que as práticas explanadas neste manual sejam um contributo para os diversos intervenientes da construção, resultando numa melhor compreensão do que é a verdadeira construção sustentável.

Contudo, e apesar de se evidenciarem os esforços para a sua promoção, a sustentabilidade ainda é pouco reconhecida ao nível da construção nacional, uma vez que não é aplicada na generalidade dos projectos. A maioria das empresas, bem como a população em geral (utilizador), não se encontram informados sobre as vantagens individuais e colectivas confluente à construção sustentável. O mercado da construção nacional precisa de evoluir no sentido de harmonizar o património construído com o património natural, simbiose esta que já aconteceu em alguns países mais desenvolvidos, onde a sustentabilidade é reconhecida como uma mais-valia num mercado de construção extremamente competitivo.

Em suma, a construção sustentável apresenta pormenores de inovação em relação à construção tradicional, os quais podem ser observados ao longo da dissertação. Em Portugal, ainda há muito a fazer neste domínio, sendo que, em primeiro lugar será necessário sensibilizar a população para as consequências que o rumo actual de desenvolvimento tem e terá para a sua qualidade de vida e das gerações futuras.



9.2. Perspectivas futuras

A temática abordada ao longo da presente dissertação é vasta e claramente não se extingue no trabalho desenvolvido.

A realidade do tema da construção sustentável é extensa e actual, pelo que associada à necessidade de gerir de modo sustentável os recursos naturais e em simultâneo poder contribuir para as necessidades que irão surgir do crescimento demográfico a nível global, traz para este tema a necessidade de centrar as atenções em todos os intervenientes no processo construtivo. Deste modo, foram descritas ao longo deste documento linhas orientadoras para que criem de acordo com as filosofias sustentáveis, edifícios com melhor desempenho ambiental. Assim, propõem-se os seguintes desafios para os trabalhos de futuro:

- Especificar e aprofundar as práticas de projecto para um edifício sustentável;
- Realizar uma análise económica da construção sustentável através de um estudo de mercado sobre todos as soluções e materiais utilizados numa construção;
- Criar um manual de utilizador que possa ser apresentado ao consumidor/utilizador aquando da compra de uma casa sustentável.





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE (2004). **Eficiência Energética em Equipamentos e Sistemas Eléctricos no Sector Residencial**. Direcção Geral de Energia (DGE).

ADENE (2007). **Legislação Nacional**. Agência para a Energia. Disponível online em [<http://www.adene.pt>] em 16/12/2010.

Achard, P.; Gicquel, R. (1987). **European Passive Solar Handbook – Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture**. Preliminary edition, Commission of the European Communities.

Agnello, Sal (1996). **Operations and Maintenance**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc., USA.

Almeida, M.; Silva, S. (2009). **Comportamento Térmico de Edifícios**. Apontamentos da unidade curricular “Energia e Conforto nos Edifícios”. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães.

Araújo, T. (2007). **Relatório do Observatório Nacional das Doenças Respiratórias**. ONDR.

AREAM (2008). **Utilização Racional de Energia**. Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira. Disponível online em [<http://ure.arem.pt>] em 27/01/2011.

ASHRAE 62 (1989). **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.

Athens, Lucia; Ferguson, Bruce K. (1996). **Water Issues**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc., USA.

AGO (2008). **Technical Manual: Design for Life-Style and Future**. Guia do Governo Australiano para os edifícios residenciais ambientalmente sustentáveis. Disponível online em [<http://www.yourhome.gov.au>] em 15/03/2011.

Azevedo, A. (2009). **A Importância da Cor a Reabilitação Sustentável das Construções**. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho.

Balaras, C. (2005). **European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings**. Penteli, Greece.

Baptista, J.; M., Almeida.; Vieira, P. (2001). **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água**. INAG.

Barroso, A. (2010). **Patologia dos Materiais**. Apontamentos da unidade curricular “Patologias e Reabilitação Não Estrutural”. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães.

Berge, B. (2009). **The Ecology of Building Materials**. 2º Edition, Architectural Press, ISBN 978-1-85617-537-1, Elsevier Science.

Bernheim, Anthony (1996). **Indoor Air Quality**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc., USA.



Boardman, A.; Vining, A.; Weimer, D. (2001). **Cost-Benefit Analysis Concepts and Practice**. Prentice Hall.

Bourdeau, L.; Huovila, P.; Lanting, R.; Gilham, A. (1998). **Sustainable Development and the Future of Construction: A Comparison of Visions from Various Countries**. CIB Working Commission W82.

Bragança, L.; Mateus, R. (2006). **Sustentabilidade de soluções construtivas**. Universidade do Minho, Guimarães.

Calejo, R.; Correia, A. (2002). **Sistema integrado de manutenção de edifícios**. Conferência sobre manutenção e reabilitação de edifícios – NPF. Lisboa.

Camões, A. (2010). **Betão**. Apontamentos da unidade curricular “Materiais de Construção Eco-Eficientes”. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães.

Carvalho, V. (2006). **Contributos Bioclimáticos para o Planeamento Urbano Sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Carvalho, P. (2001). **Gestão de Resíduos da Indústria da Construção**. Dissertação de mestrado. Instituto Superior Técnico.

CIB/CSIR (2002). International Report. **International Council for Research and Innovation in Building and Construction – CIB/CSIR**, Project number BP485, Report number BOU/C361.

CIE (1970). **Daylight International Recommendations for the Calculation of Natural Light**. Commission Internationale de L'Éclairage, Pub. CIE nº 16.

CIE (1975). **Guide on Interior Lighting**. Commission Internationale de L'Éclairage. Pub CIE nº 29.

CE (2003). **Manual de Análises de Custos e Benefícios dos Projectos de Investimentos**. Comissão Europeia. Bruxelas.

CE (2007). Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu: **Uma Política Energética para a Europa**. Comissão Europeia. Disponível online em [<http://europa.eu>].

Comissão para as Alterações Climáticas (2001). **Programa nacional para as alterações climáticas**. Direcção Geral do Ambiente, Lisboa

Comissão Europeia (2008). **As Alterações Climáticas, uma oportunidade para a Europa**. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Bruxelas, Bélgica. Disponível online em [<http://eur-lex.europa.eu>].

Couto, A. (2001). **Impacto Ambiental dos Estaleiros de Construção**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Guimarães.

Decreto-lei n.º 40/1990, de 6 de Fevereiro, que aprova o **Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**, Diário da República n.º 105, I Série - A.



Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, que implementa o **Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)**, Diário da República n.º 57, 2 Série - A.

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, que aprova o **Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE)**, que veio substituir o DL n.º119/98, Diário da República n.º 57, 2 Série - A.

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, que aprova o **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**, substitui o DL 40/1990, Diário da República n.º 67, 1 Série - A.

Directiva 2001/77/EC, de 27 de Setembro de 2001, **Promoção de electricidade a partir de fontes de energias renováveis** (transposta pela Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 63/2003), Comissão Europeia.

Directiva 2002/40/CE, de 8 de Maio de 2002, relativa à aplicação da Directiva 92/75/CEE do **Conselho no que respeita à etiquetagem energética dos fornos eléctricos para uso doméstico**, Diário da República n.º 183, II Série, Comissão Europeia.

Directiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diário da República n.º 67 I Série - A, Comissão Europeia.

DGE (1997). **A gestão de energia e o regulamento de gestão do consumo de energia.** RGCE.

DGGE (2008). **Balanço Energético do ano 2008.** Direcção Geral da Energia e Geologia. Ministério da Economia e do Emprego, Portugal.

Ding, G. K. (2008). **Sustainable construction - The role of environmental assessment tools.** Journal of Environmental Management, 451 - 464.

EdilTec (2011). **Ediltec Aislamientos S.A.** Disponível online em [<http://spain.ediltec.com/pt/>] em 30/05/2011.

EDP – Energias de Portugal, S.A. (2006). **Guia Prático da Eficiência Energética.** Validado pela ADENE. Junho.

EDP (2008). **Contexto da eficiência energética e o consumo de energia no sector doméstico.** EDP, Lisboa.

EEA (2007). **Annual European Community Greenhouse Inventory 1990–2002 and Inventory Report 2004**, AEA Technical Report n° 2, Submission to the UNFCCC secretariat, European Environmental Agency, Luxembourg.

EEA (2009). European Environment Agency, **Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought**, p.5. EEA, Copenhagen.

EN 12464-1 (2002). **Light and Lighting, Lighting of work Places – Part 1: Indoor Work Places.** European Committee of Standardization (CEN).

EN 15251 (2007). **Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics.** European Committee of Standardization (CEN).



- EnerBuilding (2008). **Manual do Consumidor**. DECO, Lisboa.
- EPA (1998). **Storm water pollution from building sites**. Environmental Protection Authority. Australia.
- ESC (2002). **The Guidelines for Sustainable Buildings**. Environmental Stewardship Committee: Stanford University.
- EWA (2007). European Water Association, *EWA Yearbook 2005*. EWA, Alemanha, 2005.
- Eurostat, Consumers in Europe - Facts and figures on services of general interest**. Eurostat. Luxemburgo, 2007.
- Ferreira, Miguel (2004). **Caudais de Ventilação Recomendados para Edifícios Residenciais**. Universidade do Porto. Janeiro de 2004.
- Flores, I.; Brito, J. (2004). **Erros na Utilização e Manutenção de Edifícios**. Construção 2004: Repensar a construção. 2º Congresso Nacional da Construção. FEUP: Porto.
- Hall, Keith (2008). **The Green Building Bible**. 4ª Edição. Volume 1 e 2. ISBN 9781898130055. Green Building Press.
- Geiger, R. (1990). **Manual de Microclimatologia – O Clima da Camada de Ar junto ao Solo**. Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª edição, Lisboa.
- GEO (2002). **Global Environment Outlook**. United Nations Environment Programme.
- Givoni, B. (1998). **Climate Considerations in Building and Urban Design**. John Wiley & Sons, USA.
- GMV (2011). **Greenwich Millenium Village**. Disponível online em [<http://www.gmv.gb.com/home.htm>] em 12/10/2011.
- Golany, G. (1996). **Urban design morphology and thermal performance**, in Atmospheric Environment, vol.30, n3, pp.455-465.
- Gonçalves, Hélder (2002). **Ambiente Construído, Clima Urbano, Utilização Racional de Energia nos Edifícios da Cidade de Lisboa**. INETI, Lisboa, Portugal.
- Gonçalves, Hélder (2004). **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal**. 1ª Edição. Lisboa: DGGE.
- Goulding, John; Lewis, Owen; Steemers, Theo. (1992). **Energy in Architecture, the European Passive Solar Handbook**. B.T. Batsford Limited. Londres.
- Greenpeace (2006). **Dossier Energia**. Disponível online em [www.greenpeace.org] em 15/04/2011.
- Hammond, G.; Jones, C. (2008). **Inventory of carbon and energy (ICE)**. Version 1,6a.
- Herz, R. (1988). **Considering climatic factors for urban land use planning in the Sahelian Zone** in Energy and Buildings, 11, pp. 91-101.



Higueras, E. (1997). **Urbanismo bioclimático – criterios medio-ambientales en la ordenación de asentamientos**. Tese de doutoramento. Escola Técnica Superior de Madrid, Madrid.

Higueras, E. (2006). **Urbanismo Bioclimático**. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

IA (2001). **Plano Nacional da Água**. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

iiSBE (2009). **Guia de Avaliação do Sistema SBTool^{PT}** - H. Guimarães.

INAG (2004). **Plano Nacional da Água**. Instituto da Água.

INE (2008). **Estatísticas de construção e habitação**. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa. Disponível online em [www.ine.pt].

ISO 226 (2003). **Acoustics – Normal Equal-Loudness-Level Contours**. International Organization for Standardization.

ISO 7730. **Moderate thermal environments - Determination if the PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort**. Geneva, ISO.

Jalali, S.; Torgal, F. (2007). Construção sustentável. **O Caso dos Materiais de Construção**. Congresso construção 2007 – 3º congresso nacional 17 a 19 de Dezembro, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra.

Jardim, F. (2009). **Proposta de intervenção de reabilitação energética de edifícios de habitação**. Tese de mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães.

Jewson (2011). **The Sustainable Building Guide**. Disponível online em [www.jewson.co.uk] em 25/07/2011.

Junnila, S.; Horvath, A. (2003). **Life-Cycle Environmental Effects of an Office Building**. Journal of Infrastructure Systems , pp. 157-166.

Junnila, S.; Horvath, A.; Guggemos, A. (2006). **Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States**. Journal of Infrastructure Systems.

Kats, Greg (2003). **The Costs and Financial Benefits of Green Buildings - A Report to California's Sustainable Building Task Force**. October 2003.

Kibert, Charles J. (1994). **Establishing Principles and Model Sustainable Construction**, in Proceedings of the First International Conference of CIB, Tampa, EUA.

Kibert, C. J.; Sendzimir, J.; Bradley, G. (2002). **Construction Ecology: Nature As the Basis for Green Buildings**. Taylor and Francis.

Kibert, Charles J. (2005). **Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery**. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, United States of America.

Kibert, Charles J. (2007). **The Next Generation of Sustainable Construction**. Building Research & Information , pp. 595-601.



Lamberts, Roberto; Dutra, Luciano; Pereira, Fernando O. R. (1997). **Eficiência Energética na Arquitectura**. PW Editores. São Paulo.

Lamberts, R.; Ghisi, E.; Abreu, A.; Carlo, J. (2005). **Desempenho Térmico de Edificações**. LabEEE – Laboratório de eficiência energética em edificações. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Lanham, A.; Gama, P.; Braz, R. (2004). **Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de Inovação e Futuro**. Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Leal, N. (2006). **Construção Sustentável**. Monografia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa.

Limão, Andreia (2007). **Seleção e Avaliação de Soluções Sustentáveis na Construção**. Dissertação de mestrado. Instituto Superior Técnico.

Lopes, T. (2005). **Fenómenos de Pré-patologia em Manutenção de Edifícios**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Mateus, R.; Bragança, L. (2005). **Avaliação da sustentabilidade da construção: Desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas**. Universidade do Minho, Guimarães.

Mateus, R.; Bragança, L. (2006). **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. ISBN: 9789899519411. Edições Ecopy.

Mateus, R. (2009). **Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis**. Tese de doutoramento. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

Mendonça, P. J. (2005). **Habitar sob um segunda pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados**. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho, Guimarães

Moita, F. (1987). **Energia Solar Passiva**. Volume 1 e 2. DGE, Lisboa.

Morris, Peter (2007). “**What does Green Really Cost?**”. Artigo publicado *in* The Green Issue Feature. PREA Quarterly.

Ngowi, Alfred B. (2000). **Competing with Environmental Friendly Construction Practices – Technical Article**. Cost Engineering - The International Journal of Cost Estimation, Cost/Schedule Control, and Project Management; AACEI.

NP 1730 (1996). **Acústica: Descrição e Medição do Ruído Ambiente**. Instituto Português da Qualidade (IPQ).

NYC Department of Design and Construction (2005). **Construction & Demolition Waste Manual**. New York, United States of America.

NYC Department of Design and Construction. (1999). **High Performance Building Guidelines**. New York, United States of America.

NYC Department of Design and Construction. (2005). **Manual for quality, energy efficient lighting**. New York, United States of America.



OA (2001). **A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável**. Ordem dos Arquitectos.

Olgyay, V. (1998). **Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Editorial Gustavo Gili, Barcelona

Olofsson, T.; Anderson, S. (2001). **Overall heat loss coefficient and domestic energy gain factor for single-family buildings**. Department of Applied Physics and Electronics, Umeå University, Umea, Sweden.

Pearce, D. W.; Atkinson, G.; Mourato, S. (2006). **Cost-Benefit Analysis And the Environment: Recent Developments**. Organization for Economic Co-operation and Development.

Pedroso, V. M. (2009). **Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios**. Informações Científicas Técnicas, LNEC.

Pereira, Isabel (2009). **Construção Sustentável: o desafio**. Monografia final de licenciatura. Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Pinheiro, Manuel (2006). **Ambiente e construção sustentável**. 1ª edição. Lisboa: Instituto do Ambiente.

Pinto, António C. (1997). **Estaleiros e o Ambiente**. Mestrado em Engenharia Municipal. Universidade do Minho.

Portugal (2005). **Programa Nacional para o uso Eficiente da Água (PNEA)**. Aprovado por Resolução do Conselho de Ministros n.º113/2005, de 30/06. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

RCM (2005). Resolução do Concelho de Ministros n.º 169/2005 de 24 de Outubro de 2005, em que se estabelece uma **Estratégia Nacional para a Energia**, Diário da República n.º 204, 1 Série - B.

RCM (2006). Resolução do Concelho de Ministros n.º 104/2006 de 31 de Julho, Relatório síntese do **Programa Nacional para as Alterações Climáticas**, aprova o Programa Nacional para as Alterações Climáticas de 2006 (PNAC 2006) e revoga a Resolução do Concelho de Ministros n.º 119/2004. Diário da República n.º 162, Série I.

RCM (2008). Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008 de 20 de Maio. **Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE)**.

Ribeiro, M. (2006). **Manual da Construção Sustentável para Direcção da Obra**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

Robinson, Jeffrey (2000). **Energy Efficiency Opportunities in Buildings Sustainable Energy Authority Victoria**. Commercial Building Energy forum.

Rocheta, Vera; Farinha, Fátima (2007). **Práticas de Projecto e Construtivas para a Construção Sustentável**. Congresso Construção 2007 – 3º Congresso Nacional. 17 a 19 de Dezembro. Universidade de Coimbra, Portugal.

Santos, R. (1989). **Avaliação da Qualidade Térmica de Projectos de Edifícios de Habitação**. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.



- Serra, R. (1999). **Arquitectura e Climats**. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- SETAC (1993). **Society of Environmental Toxicology and Chemistry – Guidelines for Life-Cycle Assessment: A code of practice**. Bruxelas, Bélgica.
- Silva, S. (2003). **Avaliação do Impacto Energético de Diferentes Soluções Construtivas**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- SHFA (2008). **Green Building User Guide**. Sydney Harbour Foreshore Authority, Australia. Disponível online em [<http://www.shfa.nsw.gov.au/>] em 15/04/2011.
- Teixeira, José M. Cardoso; Couto, Armanda Bastos (2000). **Construction Sites and Environment in Historic Portuguese Cities**. CIB Symposium on Construction & Environment – theory into practice; São Paulo, Brasil.
- Torgal, F.; Jalali, S. (2010). **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção**. ISBN 9789728600228. Guimarães.
- Tshudy, James A. (1996). **Materials and Specifications**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc., USA.
- UEI (2002). **Resource Guide for Sustainable Development in an Urban Environment**. Urban Environmental Institute, Seattle.
- US Green Building Council (1996). **Sustainable Building Technical Manual, Green Building Design, Constructions, and Operations**. Public Technology, Inc., United States of America.
- Vieira, P.; Almeida, M.D.; Ribeiro, R. (2006). **Uso Eficiente da Água no Sector Urbano**, Guia Técnico N.º 8. IRAAR, INAG e LNEC, Lisboa.
- Vieira, P.; Melo Baptista, J.; Almeida, M. C.; Moura e Silva, A.; Ribeiro, R. (2002). **Uso Eficiente da Água em Espaços Exteriores**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC. Livro de actas do 6º Congresso da Água: Porto.
- Viegas, João (2010). **Ventilação Natural de Edifícios de Habitação**. 6ª Edição. Lisboa. LNEC.
- WCDE (1987). **Our common future**. World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.
- Wiegard, J. (2001). **Quantification of Greenhouse Gases at Visy Industries using Life Cycle Assessment**. Swinburne University of Technology.
- Yeang, K. (1995). **Designing With Nature**. New York: McGraw-Hill.
- Yeang, Ken (2001), **El Rascacielos Ecológico**, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

